



Flávia Helena Carvalho Coelho

Licenciado em Engenharia Civil

Caracterização de revestimentos interiores com base em argamassas

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil - Reabilitação de Edifícios

Orientador: Maria Paulina Faria Rodrigues, Professora Associada,
Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade Nova de Lisboa

Júri:

Presidente: Prof. Doutor João Carlos Gomes Rocha de Almeida

Arguente: Prof. Doutor Luís Gonçalo Correia Baltazar

Vogal: Prof. Doutora Maria Paulina Faria Rodrigues



Maio de 2020

Caracterização de revestimentos interiores com base em argamassas

‘Copyright’ Flávia Helena Carvalho Coelho, FCT/UNL e UNL

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

A terminar esta etapa tão importante da minha vida, gostaria de deixar um agradecimento a todos os que direta ou indiretamente fizeram parte desta etapa, e que, de uma forma ou outra ajudaram a alcançar este objetivo.

Agradecer, em primeiro lugar à Engenheira Tânia Santos, estudante de Doutoramento da FCT NOVA e ex-bolseira do projeto INDEEd, que esteve comigo ao longo de todo o processo e de toda a campanha experimental, agradecer todo o apoio, ajuda, disponibilidade e amizade, que demonstrou para comigo desde o primeiro dia em que estive no projeto.

Não poderia deixar de agradecer, em particular, à orientadora desta dissertação, a Professora Doutora Paulina Faria, por toda a disponibilidade, auxílio e incentivo desde o início do Mestrado.

Agradecer à coordenadora do projeto INDEEd, a Professora Doutora Maria Idália Gomes (Professora Adjunta no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa) pela oportunidade de desenvolver esta dissertação no decorrer do projeto. Agradecer também aos colaboradores do projeto, entre eles, as empresas Embarro, Aldeias de Pedra, Secil Argamassas e Sival.

Agradecer, ainda, ao Engenheiro Vítor Silva, pelo auxílio prestado durante a campanha experimental, pela partilha de opiniões, experiência e conhecimento e pela ajuda prestada em processos.

Não posso deixar de agradecer a ajuda e disponibilidade por parte da Maria do Rosário Duarte, da Secção de Apoio ao Utilizador, da Biblioteca, da FCT NOVA.

Por fim, mas de todo menos importante, agradecer à minha família, em especial aos meus pais pela oportunidade, pela dedicação, paciência e apoio que me deram ao longo de todo o percurso académico, agradecer-lhes a educação e os valores que me transmitiram. Esta dissertação é em grande parte possível graças a vocês. Agradecer ainda a todos os familiares e amigos que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram, ao meu namorado por todo o apoio, incentivo e carinho demonstrados ao longo destes anos.

Obrigado a todos por nunca terem deixado de acreditar em mim e por me terem ajudado e apoiado.

Resumo

Os revestimentos interiores têm um papel determinante na qualidade do ar interior dos edifícios. A natureza dos materiais utilizados nas argamassas de rebocos interiores pode ser muito variada, uma vez que existem no mercado muitos materiais e argamassas pré-doseadas destinadas a esse efeito.

Esta dissertação desenvolve-se no âmbito do Projeto INDEEd - Regulação da qualidade do ar interior através da utilização de argamassas ecoeficientes.

Na presente dissertação são caracterizados cinco revestimentos interiores com base em argamassas: dois com argamassas pré-doseadas com base em ligantes convencionais (cimento e gesso), dois com argamassas de terra (uma delas pré-doseada e outra formulada em laboratório) e uma argamassa pré-doseada de terra e cal aérea. Foram estabelecidos procedimentos de ensaio, por forma a caracterizar os materiais constituintes, as várias argamassas e os sistemas de revestimento. O sistema à base de gesso incluiu uma camada de acabamento do mesmo material. Neste sistema e no à base de cimento foi analisada a influência de pintura na higroscopicidade.

Verificou-se que o revestimento com base em gesso apresenta uma higroscopicidade limitada, os rebocos com as argamassas de terra não estabilizadas apresentam fragilidade à água, mas elevada capacidade de adsorção e desadsorção de vapor de água, confirmando assim o seu contributo para regular a humidade relativa e, consequentemente, o conforto higrotérmico interior e a saúde dos ocupantes. Por outro lado, as argamassas de terra apresentam menor resistência mecânica comparativamente às argamassas de ligantes convencionais. A adição de cal às argamassas de terra indicia não melhorar a sua resistência mecânica, para além de limitar a higroscopicidade.

Palavras-chave: cimento; ensaio; gesso; higroscopicidade; ligante; reboco; terra

Abstract

Plasters play a decisive role in buildings indoor air quality. The nature of the materials used to formulate plastering mortars can be very varied, since there are many binders and pre-mixed mortars for this purpose.

This dissertation is developed within the scope of INDEEd project- Regulation of indoor air quality using eco-efficient mortars that is which intends to evaluate the contribution of different interior coatings for indoor air quality and comfort.

In this dissertation, five interior plasters based on mortars are characterized: two pre-mixed plasters based on conventional binders (cement and gypsum), two plasters based on earth (one of them pre-mixed and another one formulated in the laboratory) and one pre-mixed plaster based in earth and air lime. The gypsum-based system included a finishing layer of the same material. In this and the cement-based system, the influence of paint on hygroscopicity was analyzed.

It was found that the gypsum-based coating has limited hygroscopicity, the renders with unstabilized earth mortars are fragile to water, but have a high capacity for adsorption and desorption of water vapor, thus confirming their contribution to regulating moisture and, consequently, interior hygrothermal comfort and occupant health. On the other hand, earth mortars have less mechanical strength compared to conventional bonding mortars. The addition of lime to earth mortars does not improve its mechanical strength, in addition to limiting hygroscopicity.

Keywords: binder; cement; earth; gypsum; hygroscopicity; plaster; test

Simbologia e abreviaturas

Argamassas e produtos de acabamento

T_E: Argamassa pré-doseada de terra da Embarro – Embarro Universal

T_AP: Argamassa de terra formulada em laboratório com materiais disponibilizados pela empresa Aldeias de Pedra

T+CL: Argamassa pré-doseada de terra e cal aérea da Aldeias de Pedra

C: Argamassa pré-doseada com base em cimento da Secil Argamassas – RHP Manual Interior

G: Argamassa pré-doseada com base em gesso da Sival – PROJECT 2010

MA: Pasta de acabamento com base em gesso da Sival – MASSA DE ACABAMENTO

P: Pintura com tinta aquosa (Luxens, branco interior, paredes e tetos)

Sistemas de revestimento

T_E: Reboco com a argamassa pré-doseada de terra da Embarro T_E

T_AP: Reboco com a argamassa de terra formulada em laboratório T_AP

T+CL: Reboco com a argamassa pré-doseada de terra e cal aérea da Aldeias de Pedra T+CL

C: Reboco com a argamassa pré-doseada com base em cimento da Secil Argamassas C

C+P: Reboco com a argamassa pré-doseada com base em cimento da Secil Argamassas C e acabamento por pintura com tinta aquosa

G: Reboco com argamassa pré-doseada com base em gesso da Sival G com camada de acabamento MA

G+P: Reboco com argamassa pré-doseada com base em gesso da Sival G com camada de acabamento MA e pintura com tinta aquosa

Grandezas e ensaios

Ab: perda de massa por abrasão

Ae: abaixamento por espalhamento

AStr: aderência ao suporte

B: baridade

C: perda de massa por falta de coesão superficial

CA: classe de absorção

CC: coeficiente de capilaridade

CStr: resistência à compressão

D: taxa de secagem

E: consistência por espalhamento

Ed: módulo de elasticidade dinâmico

FStr: resistência à flexão

HR: humidade relativa

ID: índice de secagem

MV: massa volúmica

MVa: massa volúmica aparente

P: consistência por penetrómetro

RL: retração linear por secagem

RV: retração volumétrica por secagem

T: temperatura

Ta: teor de água

W: quantidade de água absorvida por unidade de área

λ : condutibilidade térmica

δ_p : permeabilidade ao vapor de água

Abreviaturas institucionais

ASTM: American Society for Testing and Materials

CEN: European Committee for Standardization (Comité Europeu de Normalização)

DIN: Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemão de Normalização)

EN: European Standard (Norma Europeia)

FCT NOVA: Faculdade de Ciências Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

IPQ: Instituto Português da Qualidade

LNEC: Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NP: Norma Portuguesa

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Motivação e enquadramento do tema	1
1.2.	Objetivos e metodologia	2
1.3.	Estrutura da dissertação	2
2.	Argamassas para aplicação em sistemas de revestimento interiores	5
2.1.	Considerações gerais	5
2.2.	Argamassas com base em terra	5
2.3.	Argamassas pré-doseadas com base em ligantes correntes	12
2.4.	Síntese	14
3.	Materiais e metodologia experimental	15
3.1.	Considerações gerais	15
3.2.	Materiais	15
3.2.1.	Argamassa pré-doseada de terra	15
3.2.2.	Argamassa de terra formulada em laboratório	16
3.2.3.	Argamassa de terra e cal aérea	17
3.2.4.	Argamassa pré-doseada de cimento	17
3.2.5.	Argamassa pré-doseada de gesso	18
3.3.	Amassaduras, preparação dos provetes e cura	19
3.4.	Ensaio de caracterização	23
3.4.1.	Caracterização dos materiais	25
3.4.2.	Caracterização das argamassas no estado fresco	30
3.4.3.	Caracterização das argamassa e sistemas de revestimento no estado endurecido	33
4.	Apresentação e discussão de resultados	51
4.1.	Materiais	51
4.1.1.	Baridade	51
4.1.2.	Análise granulométrica, sedimentação e densidade das partículas	51
4.2.	Argamassas no estado fresco	53
4.2.1.	Teor de água	53
4.2.2.	Consistência por espalhamento	53

4.2.3. Abaixamento por espalhamento	54
4.2.4. Consistência por penetrómetro	54
4.2.5. Massa volúmica fresca.....	54
4.3. Estado endurecido.....	55
4.3.1. Retração linear e volumétrica por secagem	56
4.3.2. Massa volúmica aparente	57
4.3.3. Condutibilidade térmica.....	58
4.3.4. Dureza superficial por durómetro.....	59
4.3.5. Coesão superficial.....	60
4.3.6. Resistência à abrasão.....	61
4.3.7. Módulo de elasticidade dinâmico.....	61
4.3.8. Resistência à flexão e à compressão	62
4.3.9. Aderência ao suporte	63
4.3.10. Absorção de água sob baixa pressão - Tubos de <i>Karsten</i>	64
4.3.11. Absorção de água por capilaridade	66
4.3.12. Secagem	69
4.3.13. Permeabilidade ao vapor de água	70
4.3.14. Higroscopicidade	72
4.4. Síntese de resultados	74
5. Conclusões	77
5.1. Conclusões finais.....	77
5.2. Trabalhos futuros	78
Referências bibliográficas	81
Anexos	85
A.1. Fichas técnicas	85
A.2. Resultados individuais dos ensaios	89

Índice de figuras

Figura 3.1 - Produto pré-doseado para a argamassa de terra T_E.....	16
Figura 3.2 - Constituintes da argamassa T_AP: TAV (esquerda); AF (centro); AG (direita).....	16
Figura 3.3 - Constituintes da argamassa T+CL: TAA (esquerda); PC (direita).	17
Figura 3.4 - Produto pré-doseado de cimento C, RHP Manual da Secil Argamassas.	18
Figura 3.5 - Produto pré-doseado G, Project 2010 da Sival.	19
Figura 3.6 - Exemplificação da amassadura das argamassas em estudo.	19
Figura 3.7- Provetes prismáticos da argamassa T_AP antes e após serem razados.....	21
Figura 3.8 - Execução de provetes de argamassa sobre tijolo com e sem o molde.	21
Figura 3.9 - Provetes circulares.	22
Figura 3.10 - Provetes planares.	22
Figura 3.11 - Ensaio de determinação da baridade.	25
Figura 3.12 - Equipamento para peneiração mecânica, por via seca.	27
Figura 3.13 - Ensaio de sedimentação.	28
Figura 3.14 - Ensaio de determinação da densidade das partículas por picnómetro.....	29
Figura 3.15 - Amostras da argamassa T+CL fresca para determinação do teor de água.	30
Figura 3.16 - Consistência por espalhamento: compactação (esquerda), pancadas (centro), medição (direita). 31	
Figura 3.17 - Consistência por penetrómetro: queda para no provete (esquerda) e penetração (direita)	32
Figura 3.18 - Preparação de provete para determinação da massa volúmica no estado fresco.	32
Figura 3.19 - Ensaio de condutibilidade térmica em provete de argamassa sobre tijolo e circular.	35
Figura 3.20 - Durómetro PCE Shore A (esquerda); medição da dureza superficial (direita).	35
Figura 3.21 - Ensaio de resistência à abrasão a seco.....	37
Figura 3.22 - Ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico.	37
Figura 3.23 - Ensaio de resistência à flexão (esquerda) e à compressão (direita).	39
Figura 3.24 - Corte dos provetes (esquerda); ensaio de aderência ao suporte (direita).	40
Figura 3.25 - Provetes cortados (esquerda); impermeabilização (centro);.....	41
Figura 3.26 - Ensaio T+CL (esquerda); ensaio C após pintura (direita).	42
Figura 3.27 - Ensaio de secagem a decorrer na bancada da sala condicionada (G e T+CL).	44
Figura 3.28 - Ensaio de higroscopicidade: T_E, T_AP e T+CL (esquerda)	45
Figura 3.29 - Ensaio de absorção de água sob baixa pressão por tubos de <i>Karsten</i> na argamassa T+CL.....	46
Figura 3.30 - Nitrato de magnésio (esquerda); colocação de vedante (centro); provetes prontos (direita).	47
Figura 3.31 - Câmara com ensaio de permeabilidade ao vapor de água a decorrer.	48
 Figura 4.1 - Curvas de análise granulométrica e de sedimentação.	 52
Figura 4.2 - Provetes prismáticos de C (esquerda) e de T_AP (direita).	55
Figura 4.3 - Provede prismático de argamassa T+CL, antes do desmolde, com visível retração.	57
Figura 4.4 - Resultados do ensaio de condutibilidade térmica.	59
Figura 4.5 - Resultados dos ensaios de dureza superficial, perda por coesão superficial e abrasão.	60
Figura 4.6 - Resultados do ensaio de absorção de água por baixa pressão – tubos de <i>Karsten</i>	65

Figura 4.7 - Curvas de absorção por capilaridade das argamassas.	66
Figura 4.8 - Curvas de absorção de água por capilaridade (C+P e G+P).....	68
Figura 4.9 - Curvas de secagem: em função do tempo (esquerda); em função da raiz do tempo (direita).	69
Figura 4.10 - Curvas de secagem para C+P e G+P.....	70
Figura 4.11 - Variação de massa ao longo do tempo - ensaio de permeabilidade ao vapor de água.	71
Figura 4.12 - Curvas de adsorção e desadsorção e limites definidos pela DIN 18947 (DIN, 2013).	72
Figura 4.13 - Curvas de adsorção e desadsorção e limites definidos pela DIN 18947 (DIN, 2013).	73

Índice de quadros

Quadro 2.1 - Síntese de estudos realizados com argamassas de terra, com e sem estabilizações.	8
Quadro 2.2 - Síntese de estudos realizados com argamassas com base em gesso e em cimento.	14
Quadro 3.1 - Quadro resumo argamassas e seus constituintes e do acabamento.	20
Quadro 3.2 - Quadro síntese dos provetes realizados e utilizados em cada ensaio.	23
Quadro 3.3 - Quadro resumo dos ensaios de caracterização e normas seguidas.	24
Quadro 3.4 - Idade dos provetes à data de realização dos ensaios.	33
Quadro 4.1 - Baridade dos materiais e produtos pré-doseados das argamassas.	51
Quadro 4.2 - Resultados dos ensaios de caracterização no estado fresco.	53
Quadro 4.3 - Resultados do ensaio de retração linear e volumétrica por secagem.	56
Quadro 4.4 - Resultados de massa volúmica e classificação pela norma DIN 18947 (DIN, 2013).	58
Quadro 4.5 - Classes de resistência à abrasão definidas pela norma DIN 18947 (DIN, 2013).	61
Quadro 4.6 - Resultados de módulo de elasticidade dinâmico e resistência mecânica.	61
Quadro 4.7 - Classes de resistência mecânica definidas pela norma DIN 18947 (DIN, 2013).	64
Quadro 4.8 - Quantidade total de água absorvida, sob baixa pressão – tubos de <i>Karsten</i>	65
Quadro 4.9 - Coeficientes de capilaridade e quantidade de água absorvida.	66
Quadro 4.10 - Taxas de secagem na primeira e segunda fases D ₁ e D ₂) e índice de secagem (ID).	70
Quadro 4.11 - Resultados obtidos no ensaio de permeabilidade ao vapor de água (μ e S _d).	71
Quadro 4.12 – Avaliação das argamassas T_E, T_AP, T+CL e G face à argamassa de cimento	74
Quadro 4.13 – Comparação do comportamento das argamassas face à argamassa de cimento.	75

Disseminação de Resultados

No decorrer desta dissertação, e em simultâneo com o Projeto INDEEd, colaborou-se nos seguintes artigos:

Santos T., Gomes M.I., Coelho F., Faria P. (2018) Eco-efficient earth plasters: Influence of clay content, sand particle size and support, *Journal of World Architecture*, 2(6), <https://doi.org/10.26689/jwa.v2i6.634>

Santos T., Gomes M.I., Coelho F., Faria P. (2019) Earth-based and current plasters: assessment of efficiency and contribution to indoor air quality, in: 5th Historic Mortars Conference, RILEM Proceedings PRO 130, Álvarez JI, Fernández JM, Navarro Í, Durán A, Sirera R (ed.), 5-20, RILEM Publications S.A.R.L., Paris, France, ISBN: 978-2-35158-221-3

1. Introdução

1.1. Motivação e enquadramento do tema

Problemas ambientais como a instabilidade climática, o desequilíbrio dos ecossistemas, a extinção de espécies, o esgotamento dos recursos minerais e a redução da fertilidade do solo são, evidentemente, causados pela atividade humana. A contribuição do setor da construção para a degradação do meio ambiente deve ser destacada, pois é responsável por metade do consumo global de combustíveis fósseis e por metade das emissões de gases de efeito estufa. Daí surge a necessidade de repensar o processo de construção na perspectiva do desenvolvimento sustentável, melhorando os parâmetros ambientais.

O ciclo de vida de um edifício consiste num balanço de custos e recursos ecológicos, sociais, humanos e energéticos. Todas as fases do ciclo de vida de um edifício geram muitos impactos ambientais que devem ser avaliados, desde a exploração de materiais até à gestão de resíduos no fim de vida, passando por todas as fases intermédias, como a construção, utilização, manutenção, reabilitação até à demolição.

É importante a avaliação dos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida de um edifício para que este seja considerado sustentável. Devem ser consideradas prioridades nas etapas preliminares do projeto, como por exemplo, menor consumo de materiais não renováveis, menor produção de poluentes e resíduos, o uso de materiais ecoeficientes, a preservação do meio ambiente, entre outras. Tal como os problemas de sustentabilidade mencionados, também a interação do edifício com a envolvente é um fator de grande importância e a ter em conta (Gomes et al., 2017).

Com a atual mudança de mentalidades existe a necessidade de desenvolver espaços tão agradáveis e saudáveis quanto possível, esperando contribuições positivas em termos de conforto visual e qualidade do ar interior (Gomes et al., 2017), nomeadamente através do uso criterioso de materiais e produtos da construção.

A qualidade do ar no interior dos edifícios é um assunto ao qual nem sempre é dada a devida importância. A má qualidade do ar interior, além de poder provocar problemas graves de saúde, provoca desconforto e baixa produtividade dos ocupantes dos edifícios (Santos et al., 2018b), que, hoje em dia, em que a maior parte das pessoas passa a maior parte do seu tempo no interior de edifícios, é um assunto que deve ser cada vez mais discutido com vista a procurar ser combatido.

São vários os fatores que influenciam a qualidade do ar no interior dos edifícios. Estes podem dividir-se em três grupos: os fatores externos ao edifício, os fatores internos do edifício e a fraca ou inexistente ventilação do edifício. Tanto os fatores internos como os fatores externos são devidos a emissão de poluentes atmosféricos, exteriores ao edifício e poluentes emitidos no interior do edifício resultantes dos materiais de construção, falta ou danos nos isolamentos, ao mobiliário e decoração, a processos de combustão, produtos de higiene e limpeza e ainda dos sistemas de climatização. Por um lado, os materiais e produtos utilizados, no interior dos edifícios não devem libertar compostos orgânicos voláteis que contribuam para piorar a qualidade do ar interior. Por outro lado, deve procurar aplicar-se materiais e produtos que possam, eles próprios, contribuir para melhorar a qualidade do ar, o conforto e a saúde dos ocupantes (Lima et al., 2016c).

Esta dissertação desenvolveu-se no âmbito do Projeto INDEEd, que pretende avaliar o contributo que diferentes rebocos interiores podem ter em termos de contributo para o conforto e a saúde dos ocupantes dos edifícios e para a captação de poluentes do ar interior (Santos et al., 2018b).

1.2. Objetivos e metodologia

Esta dissertação tem como objetivo avaliar as características físicas e mecânicas de diversos sistemas de revestimento interior produzidos à base de cinco argamassas de reboco. Em primeiro lugar, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema das argamassas de revestimento interior, mais concretamente argamassas de terra e argamassas pré-doseadas com base em ligantes correntes (cimento e gesso). Posteriormente deu-se início à fase experimental: os materiais constituintes e os produtos pré-doseados foram caracterizados e, de seguida, procedeu-se às amassaduras das argamassas e à sua caracterização no estado fresco, avançando posteriormente com a campanha experimental no estado endurecido e finalmente o tratamento dos resultados obtidos e a sua discussão.

As amassaduras foram realizadas em laboratório, exceto uma argamassa (T+CL) que foi disponibilizada pronta a aplicar, mas procurando representar o mais possível as condições de amassadura realizadas em obra. Para caracterizar as cinco argamassas de reboco interior em estudo foram seguidas várias normas, nacionais e internacionais, e procedimentos de ensaio de caracterização de argamassas, implementados a todas as argamassas, para facilitar a comparação entre elas. As argamassas de terra não estabilizadas, tendo apenas a argila como ligante, apresentam maior fragilidade, principalmente face à água, comparativamente às argamassas de ligantes comuns. Por este motivo, os procedimentos de determinados ensaios com água foram condicionados por estas argamassas. Desta forma, a escolha do procedimento de ensaio a adotar teve sempre em consideração as características das argamassas de terra, tendo sido necessário realizar algumas adaptações aos ensaios quando não foi possível utilizar normas de caracterização de argamassas de terra ou procedimentos de ensaio já descritos por outros autores.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação divide-se em sete capítulos, podendo-se definir cinco grandes capítulos, sendo como habitualmente, o primeiro capítulo a Introdução e o último as Conclusões.

O primeiro capítulo, a **Introdução**, divide-se em três pontos: a motivação e enquadramento do tema, os objetivos e metodologia e a estrutura da dissertação. Neste capítulo pretende-se dar a conhecer o assunto abordado na dissertação, os objetivos a cumprir e ainda descrever o que se encontra ao longo da dissertação.

O segundo capítulo, apresenta o estado dos conhecimentos na área. No presente estudo este capítulo descreve, de forma geral, resultados de várias argamassas para revestimento interior, abordando as argamassas de terra, estabilizadas e não estabilizadas, e argamassas pré-doseadas com base em ligantes convencionais. Neste capítulo existe ainda um subcapítulo que descreve, resumidamente, o contributo dos revestimentos interiores para a qualidade do ar interior.

No terceiro capítulo, são descritos os materiais constituintes das argamassas e os produtos pré-doseados e a metodologia experimental utilizada na caracterização das argamassas em estudo. Este divide-se numa breve introdução, na descrição dos materiais constituintes das argamassas em estudo, na descrição

do processo de amassadura e de preparação dos provetes, e na descrição dos ensaios de caracterização: dos materiais e produtos pré-doseados, das argamassas no estado fresco e no estado endurecido.

No quarto capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos em cada ensaio realizado. São ainda relacionados os resultados entre si e comparados os resultados com os obtidos por outros autores.

No quinto capítulo são expostas as **Conclusões** e síntese do trabalho desenvolvido e as propostas para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas, as referências bibliográficas consultadas e que sustentam esta dissertação. Em anexo são apresentadas as tabelas com os resultados obtidos em todos os ensaios realizados e que deram origem aos quadros e figuras com os resultados apresentados no quarto capítulo.

2. Argamassas para aplicação em sistemas de revestimento interiores

2.1. Considerações gerais

As argamassas são consumidas em grande quantidade tanto em construção nova como em reabilitação de edifícios existentes. Devido a esse elevado consumo é importante encontrar medidas para diminuir o impacto ambiental e aumentar a sustentabilidade do uso de argamassas.

Uma argamassa é, no mínimo, a mistura, de um ligante e de um agregado que, amassados com água, resultam numa pasta. Esta é aplicada no estado fresco e, na maioria dos casos, após endurecimento transforma-se (por reação química dos constituintes) numa rocha artificial. No caso das argamassas de terra não existe reação química e estas endurecem por secagem. As argamassas podem ser doseadas e realizadas em obra ou podem ser pré-doseadas de fábrica e em obra apenas amassadas com água (Faria, 2012). As argamassas pré-doseadas podem ser constituídas por ligantes, hidráulicos ou não, agregados, pigmentos minerais e adjuvantes. Estas chegam à obra em pó pronto a amassar mecanicamente juntando apenas água (Malanho & Veiga, 2010).

Um reboco é um revestimento (de paredes e/ou tetos) executado pela aplicação de uma ou várias camadas de argamassa. As argamassas utilizadas como reboco, quer seja interior como exterior, devem ter características compatíveis com a natureza e função dos suportes sobre os quais vão ser aplicadas. O reboco pode ficar à vista ou pode ter um acabamento específico, como por exemplo, um barramento ou uma pintura (Faria & Lima, 2018).

Quer os rebocos exteriores como os interiores têm várias funções que influenciam em muito o bom funcionamento de um edifício. É o reboco que protege o elemento de suporte em que está aplicado; por esse motivo é designado muitas vezes por camada de “sacrifício”. O reboco pode ainda ter funcionalidade estética, dependendo do seu acabamento. Pode ter também influência nas condições de conforto higrotérmico e acústico do edifício, dependendo da argamassa de reboco aplicada, do tipo de suporte em que foi aplicado, do seu acabamento (Faria & Lima, 2018).

Com o aumento das preocupações com o desenvolvimento sustentável, devido aos problemas ambientais, como são as alterações climáticas, a indústria da construção tem vindo a ser pressionada a implementar métodos que sejam menos agressivos para o meio ambiente, surgindo novamente o interesse por materiais de construção alternativos, com baixo impacte ambiental. Os critérios dos regulamentos do sector da construção são cada vez mais rigorosos em termos de sustentabilidade e de desempenho dos edifícios (Zak et al., 2016).

2.2. Argamassas com base em terra

A terra é um dos materiais de construção mais antigos que se conhece; a sua utilização remonta aos primórdios da humanidade (Bruno & Faria, 2008), existindo registos de utilização de terra como material de construção desde o período pré-histórico, nomeadamente no chamado barro de cabanas em que argamassas de terra local eram utilizadas para preencher o espaço entre troncos de madeira e construir cabanas (Bruno et

al., 2010). No passado as argamassas de terra foram muito utilizadas em Portugal para rebocos interiores e para o assentamento de alvenarias. Contudo durante algumas décadas durante o século XX a utilização deste material na construção cessou, perdendo-se conhecimento relativamente à sua aplicação.

Atualmente, em países desenvolvidos da Europa, América do Norte e Austrália, este tipo de argamassas é considerado como produto de construção de elevada qualidade para a execução de rebocos interiores (Santos & Faria, 2015).

A terra, também designada por solo, é uma mistura que se encontra na natureza (Faria & Lima, 2018). Enquanto material de construção é composta por argila, silte, areia e cascalhos, podendo ter diferentes tipos de minerais e partículas de várias dimensões, ou seja, com diferente distribuição granulométrica (Santos et al., 2018b). As argamassas de terra, em que não são adicionados outros constituintes que introduzam uma reação química, têm como ligante/aglutinante as partículas de argila existentes na terra, funcionando como ligante natural (Faria, 2016).

Uma argamassa de terra é constituída, geralmente, por terra argilosa desterrada e sem agregados de grandes dimensões e, caso a terra seja muito argilosa, por areia adicionada complementarmente, que são misturadas com água (Faria & Lima, 2018). A argila desempenha o papel de ligante e pode ser responsável pela retração da argamassa, enquanto a areia (a já existente na terra e a eventualmente adicionada) funciona como esqueleto granular e forma a estrutura mecânica dessa argamassa. Quanto mais elevado o teor de argila numa argamassa, geralmente maior a capacidade resistente da argamassa. No entanto, diferentes tipos de argilas conferem também comportamentos diferentes às argamassas (Lima et al., 2020). Um elevado teor de argila aumenta a retração linear e a fendilhação das argamassas, sendo por isso recomendado o uso de argilas mais estáveis (que não apresentam grande variação de volume na presença de água) para rebocos. A norma DIN 18947 (DIN, 2013), única norma existente especificamente para argamassas de terra para rebocos, define limites de retração linear. Para ser aceitável, um reboco de terra não deve apresentar, após secagem, fissuras visíveis, e tem de apresentar boa aderência ao suporte (Hamard et al., 2013).

O crescente interesse pelas argamassas de terra deve-se ao seu reconhecimento como produtos ecoeficientes para rebocos interiores. Além de contribuírem para a sustentabilidade da construção podem também contribuir na melhoria de alguns aspetos de desempenho da construção (Lima & Faria, 2016). Atualmente uma das aplicações mais comuns das argamassas de terra é como reboco (Lima et al., 2020) mas são também utilizadas para o assentamento de alvenarias, nomeadamente com blocos de terra ou, no passado, de pedra. Os rebocos de terra podem ser aplicados sobre diferentes suportes e não apenas em suportes à base de terra (Santos et al., 2019b).

A terra enquanto material de construção apresenta várias vantagens, é um recurso natural, não tóxico, ecológico, reciclável e reutilizável (desde que não estabilizada quimicamente). Por vezes está disponível próximo do local de construção (Gomes et al., 2018) e, por isso, a menor distância de transporte, e não necessita de processamento industrial, e consequentemente associa-se à emissão de menores emissões de CO₂. As argamassas de terra argilosa são consideradas como material ecoeficiente para reboco, uma vez que, comparativamente com outros tipos de argamassa, têm baixa energia incorporada. Além disso a sua aplicação no interior dos edifícios contribui para melhores condições de saúde e conforto dos habitantes. Estas argamassas podem ser facilmente recicladas quando não estabilizadas com químicos (Lima & Faria, 2016). Quando comparadas com outras argamassas, as argamassas de terra têm elevada capacidade de adsorção

e desadsorção de vapor de água devido à alta higroscopicidade da argila (Lima et al., 2020). Isso permite que estas argamassas atuem como regulador de humidade, equilibrando a humidade relativa no interior dos edifícios, contribuindo para a saúde e conforto dos habitantes (Lima et al., 2016a).

Outra motivação para a utilização de argamassas de terra, além das vantagens acima referidas, é a necessidade de conservar o património existente utilizando materiais compatíveis (Gomes et al., 2016b). Para melhorar o desempenho, de diferentes formas, das argamassas de terra estas podem ser estabilizadas física ou quimicamente por adições, por exemplo de fibras vegetais (Lima & Faria, 2016; Santos et al., 2017), óleo de linhaça (Lima et al., 2017; Lima et al., 2016b), cais (hidratada e hidráulica), cimento (natural e Portland) (Gomes et al., 2018) e gesso (Lima et al., 2016a). A estabilização pode ser física ou química. A adição de outros materiais às argamassas de terra tem como objetivos melhorar parâmetros como baixar a massa volúmica e reduzir a condutibilidade térmica, controlar a retração e a resistência à fendilhação, aumentar a resistência à água, o comportamento mecânico, a coesão e, em geral a durabilidade (Santos & Faria, 2015).

A utilização da cal como material de construção acontece desde há milhares de anos, existindo muitas construções antigas com revestimentos e acabamentos com cal. Contudo, a utilização da cal como material de construção caiu em desuso quando surgiu o cimento (Remédios & Faria, 2016). Em Portugal, a cal aérea foi o ligante mais utilizado para estabilizar argamassas de terra (Faria & Lima, 2018). As argamassas mistas de terra e cal aérea têm, face a argamassas só de cal aérea, vantagens ambientais e económicas como a utilização de menores quantidades de cal, substituída parcialmente por terra argilosa (considerando a argila também ligante). Têm também vantagens técnicas tais como boa trabalhabilidade, retração controlada e baixas resistências mecânicas, o que lhes confere boa compatibilidade com vários tipos de suporte (Faria, 2016).

Para melhorar a resistência mecânica e a durabilidade as argamassas de terra são frequentemente estabilizadas com pequenas quantidades de diferentes cais e até de cimento. Contudo, alguns estudos têm mostrado que a adição de cal aérea a argamassas de terra caulinítica ou ílítica não resulta num aumento das resistências mecânicas (Gomes et al., 2018; Santos et al., 2017a) embora melhore a sua estabilidade em contacto com água.

O aumento da energia incorporada e a impossibilidade de reutilização da terra (pode apenas ser reciclada) são desvantagens da estabilização de argamassas de terra com ligantes ou produtos químicos (Gomes et al., 2016a). A estabilização tem ainda como desvantagem a diminuição da capacidade de adsorver vapor de água e consequente diminuição da contribuição para o equilíbrio higrotérmico dos edifícios. (Faria & Lima, 2018).

A incorporação de fibras é um dos métodos mais utilizados de estabilização física de argamassas de terra. Pode diminuir a fissuração durante o processo de secagem, diminuir a massa volúmica e contribuir para o conforto térmico e acústico. Este método de estabilização apresenta a desvantagem do material se poder degradar quando exposto a ambientes húmidos por períodos de tempo prolongados, pode ainda aumentar a suscetibilidade de contaminação biológica da argamassa (Santos et al., 2017).

A vulnerabilidade das argamassas de terra face à presença de água, principalmente no estado líquido, é a grande desvantagem da aplicação destas argamassas (Faria & Lima, 2018). O teor de água tem muita influência na trabalhabilidade e nas características físicas das argamassas de terra devido à presença de argilas. Na presença de água as argilas alteram as suas características físicas (Gomes, 2012).

Apesar do crescente interesse por argamassas de terra, a norma alemã DIN 18947 (DIN, 2013) é a única norma publicada que define requisitos, classificação e procedimentos de ensaio para argamassas de terra não estabilizadas quimicamente (Lima et al., 2020). A norma DIN 18947 (DIN, 2013) define também a forma como realizar a amassadura das argamassas, os limites de consistência por espalhamento e massa volúmica no estado fresco e o procedimento de preparação dos provetes (Faria & Lima, 2018).

O Quadro 2.1 apresenta o resumo de alguns estudos e respetivos resultados realizados por diversos autores sobre argamassas com base em terra, com adições de fibras, cal, cimento ou gesso hemi-hidratado.

Quadro 2.1 - Síntese de estudos realizados com argamassas de terra, com e sem estabilizações.

Referência	Tipo e constituição da argamassa	Resultados
Lima et al., 2020	Argila ilitica, traço volumétrico 1:3 (terra: areia)	Ta=19,6 % MV=2130,7 kg/dm ³ E=173,2 mm RL=0,85 % MVa=1,91 kg/dm ³ λ =1,35 W/(m.K) FStr=0,25 MPa CStr= 0,88 MPa AStr=0,07 MPa Ed=4,35 GPa Ab=1,1g CA= WSIII
	Argila caulínica, traço volumétrico 1:3 (terra: areia)	Ta=22,3 % MV=2028,0 kg/dm ³ E=170,4 mm RL=0,38 % MVa=1,74 kg/dm ³ λ =1,34 W/(m.K) FStr=0,18 MPa CStr=0,45 MPa AStr=0,04 MPa Ed=2,94 GPa Ab=8,8 g CA=WSIII
	Argila montmorillonita, traço volumétrico 1:3 (terra: areia)	Ta=31,3 % MV=1957,8 kg/dm ³ E=165,2 mm RL=3,30 % MVa=1,75 kg/dm ³ λ =0,97W/(m.K) FStr=0,19 MPa CStr=0,54 MPa AStr=0,02 MPa Ed=1,38 GPa Ab=5,8 g CA= WSI
Santos et al., 2019b	Pré-doseada de terra com fibras (Embarro)	B=1,77 kg/dm ³ E=178,8 mm MV:2,03 kg/dm ³ TA=2,8 % Ta=20,1 % RL=0,21 %
Gomes et al., 2019	Argamassa de terra (local) (1:0)	Relação água/material seco=0,13 Consistência=174 mm RL=0 %; RV=0% CC=0,042 kg/(m ² . min ^{1/2}) Absorção de água (tubos de Karsten)=2254 s Ed=5859,5 MPa FStr=0,33 MPa CStr=0,98 MPa
	Argamassa de terra (local) (1:1,9)	Relação água/material seco= 0,20 Consistência=177 mm RL=1 %; RV=1,25 % CC=0,027 kg/(m ² . min ^{1/2}) Absorção de água (tubos de Karsten)=2005 s Ed=3584,1 MPa FStr=0,38 MPa CStr=0,97 MPa
	Argamassa de terra (local) (1:2,4)	Relação água/material seco=0,21 Consistência=177 mm RL=1,35 %; RV=1,46 % CC=0,047 kg/(m ² . min ^{1/2}) Absorção de água (tubos de Karsten)=1917 s Ed=2957,8 MPa FStr=0,26 MPa CStr=0,62 MPa
	Argamassa de terra (1:3,8) (referência)	Relação água/material seco=0,31 Consistência=170 mm RL=1,15 %; RV=4,06 % CC=0,138 kg/(m ² . min ^{1/2}) Absorção de água (tubos de Karsten)=64 s Ed=1065,4 MPa FStr=0,17 MPa CStr=0,51 MPa
	Referência com adição de 15% de cal aérea	Relação água/material seco=0,30 Consistência=170 mm RL=1,36 %; RV=6,21 % CC=0,509 kg/(m ² . min ^{1/2}) Absorção de água (tubos de Karsten)=9 s Ed=683,4 MPa FStr=0,13 MPa CStr=0,28 MPa
	Referência com adição de 15% de cal aérea e 5% de fibras	Relação água/material seco: 0,33 Consistência:163 mm RL=0,27 %; RV=6,02 % CC=0,465 kg/(m ² . min ^{1/2}) Absorção de água (tubos de Karsten)=6 s Ed=596,8 MPa FStr=0,12 MPa CStr=0,45 MPa
	Referência com adição de 15% de cal hidráulica	Relação água/material seco=0,29 Consistência=172 mm RL=0,57 %; RV=5,49 % CC=0,381 kg/(m ² .min ^{1/2}) Absorção de água (tubos de Karsten)=75 s Ed=603,7 MPa FStr=0,08 MPa CStr=0,19 MPa
	Referência com adição de 15% de cimento Portland	Relação água/material seco=0,29 Consistência=177 mm RL=0,37 %; RV=3,19 % CC=0,566 kg/(m ² .min ^{1/2}) Absorção de água (tubos de Karsten)=11 s Ed=182,6 MPa FStr=0,04 MPa CStr=0,18 MPa
	Referência com adição de 15% de cimento natural	Relação água/material seco=0,29 Consistência=159 mm RL=1,72 %; RV=6,11 % CC=0,205 kg/(m ² .min ^{1/2}) Absorção de água (tubos de Karsten)=8 s Ed=774,5 MPa FStr=0,19 MPa CStr=0,33 MPa

Quadro 2.1 - Síntese de estudos realizados com argamassas de terra, com e sem estabilizações (cont.).

Referência	Tipo e constituição da argamassa	Resultados
Gomes et al., 2018	Terra: areia: 1:0 (vol.)	Consistência=174 mm MV=2000 kg/m ³ MVa=1915 kg/m ³ λ =1,35 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=2254 s CC=0,04 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=8,61 kg/m ² ID=0,23 D=0,08 kg/(m ² .h) Ed=5860 MPa FStr=0,33 MPa CStr=0,98 MPa
	Terra: areia 1:1,5 (vol.)	Consistência=177 mm MV=2001 kg/m ³ MVa=1864kg/m ³ λ =1,20 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=2005 s CC=0,03 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=8,42 kg/m ² ID=0,14 D=0,11 kg/(m ² .h) Ed=3584 MPa FStr=0,38 MPa CStr=0,97 MPa
	Terra: areia 1:2,4 (massa)	Consistência=177 mm MV=1976 kg/m ³ MVa=1835 kg/m ³ λ =0,97 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=1917 s CC=0,05 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=9,77 kg/m ² ID=0,14 D=0,11 kg/(m ² .h) Ed=2958 MPa FStr=0,26 MPa CStr=0,62 MPa
	Argamassa com traço volumétrico 1:3 (com e sem adição de 5% de fibras de cânhamo) Argamassa de referência	Com fibras de cânhamo: Consistência=170 mm MV=1783 kg/m ³ MVa=1545 kg/m ³ λ =0,78 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=190 s CC=0,23 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=12,99 kg/m ² ID=0,13 D=0,13 kg/(m ² .h) Ed=967 MPa FStr=0,14 MPa CStr=0,47 MPa Sem fibras de cânhamo: Consistência=170 mm MV=1872 kg/m ³ MVa=1666 kg/m ³ λ =0,90 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=64 s CC=0,14 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=11,46 kg/m ² ID=0,12 D=0,13 kg/(m ² .h) Ed=1065 MPa FStr=0,17 MPa CStr=0,51 MPa
	Referência com adição de 5,10 e 15 % de cal hidrata	Com fibras de cânhamo: Consistência=163-165 mm MV=1770-1787 kg/m ³ MVa=1495-1551 kg/m ³ λ =0,49-0,67 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=6-202 s CC=0,21-0,47 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=14,21-14,57 kg/m ² ID=0,15-0,18 D=0,12-0,14 kg/(m ² .h) Ed=532-597 MPa FStr=0,06-0,12 MPa CStr=0,25-0,45 MPa Sem fibras de cânhamo: Consistência=170-172 mm MV=1854-1873 kg/m ³ MVa=1632-1649 kg/m ³ λ =0,62-0,83W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=9-183 s CC=0,23-0,51 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=13,93-14,30 kg/m ² ID=0,16-0,14 D=0,13-0,14 kg/(m ² .h) Ed=576-683 MPa FStr=0,08-0,13 MPa CStr=0,11-0,28 MPa
	Referência com adição de 5,10 e 15 % cal hidráulica	Com fibras de cânhamo: Consistência=166-169 mm MV=1793-1798 kg/m ³ MVa=1570-1584 kg/m ³ λ =0,53-0,68 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=21-126 s CC=0,05-0,26 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=13,14-13,94 kg/m ² ID=0,13-0,16 D=0,13-0,15 kg/(m ² .h) Ed=759-1160 MPa FStr=0,12-0,17 MPa CStr=0,36-0,44 MPa Sem fibras de cânhamo: Consistência=171-172 mm MV=1878-1880 kg/m ³ MVa=1661-1700 kg/m ³ λ =0,66-0,77 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=041-131 s CC=0,10-0,38 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=11,73-13,92 kg/m ² ID=0,12-0,13 D=0,13-0,19 kg/(m ² .h) Ed=0604-1190 MPa FStr=0,08-0,12 MPa CStr=0,19-0,31 MPa
	Referência com adição de 5,10 e 15 % cimento Portland	Com fibras de cânhamo: Consistência=169-173 mm MV=1796-1800 kg/m ³ MVa=1489-1541 kg/m ³ λ =0,40-0,63 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=5-33 s CC=0,33-0,68 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=15,29-16,71 kg/m ² ID=0,15-0,19 D=0,13 kg/(m ² .h) Ed=214-564 MPa FStr=0,06-0,11 MPa CStr=0,25-0,29 MPa Sem fibras de cânhamo: Consistência=176-177 mm MV=1893-1902 kg/m ³ MVa=1594-1631 kg/m ³ λ =0,49-0,74 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=8-36 s CC=0,26-0,57kg/(m ² .s ^{1/2}) W=14,44-16,71kg/m ² ID=0,15-0,18 D=0,12-0,13 kg/(m ² .h) Ed=183-537 MPa FStr=0,04-0,09 MPa CStr=0,17-0,18 MPa
	Referência com adição de 5,10 e 15 % de cimento natural	Com fibras de cânhamo: Consistência=163-172 mm MV=1786-1811 kg/m ³ MVa=1584-1610 kg/m ³ λ =0,59-0,69 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=8-71 s CC=0,10-0,40 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=12,03-13,60 kg/m ² ID=0,14-0,15 D=0,13-0,15 kg/(m ² .h) Ed=967-1239 MPa FStr=0,20-0,25 MPa CStr=0,48-0,58 MPa Sem fibras de cânhamo: Consistência=159-173 mm MV=1876-1892kg/m ³ MVa=1678-1729 kg/m ³ λ =0,65-0,82 W/(m.K) Tempo de absorção (tubo de Karsten:4ml)=8-71 s CC=0,06-0,21 kg/(m ² .s ^{1/2}) W=11,78-13,29 kg/m ² ID=0,0,12;0,13;0,14 D=0,14-0,15 kg/(m ² .h) Ed=775-1129 MPa FStr=0,19-0,20 MPa CStr=0,33-0,39 MPa

Quadro 2.1 - Síntese de estudos realizados com argamassas de terra, com e sem estabilizações (cont.).

Referência	Tipo e constituição da argamassa	Resultados
Lima et al., 2017	Terra argilosa: areia fina 1:3	MV=2018,8 kg/dm ³ Espalhamento=173,2 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,70E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=0,8 ml/cm ² AC=0,21 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção(72h)=8,3 kg/m ² D ₁ =0,14 kg/(m ² /h) D ₂ =1,04 kg/(m ² /h ^{0,5})
	Terra argilosa: areia média 1:3	MV=2130,7 kg/dm ³ E=173,2 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,23E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=0,9 ml/cm ² AC=0,28 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção(72h)=6,7 kg/m ² D ₁ =0,14 kg/(m ² /h) D ₂ =0,75 kg/(m ² /h ^{0,5})
	Terra argilosa: areia grossa 1:3	MV=2094,3 kg/dm ³ E=173,2 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,71E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=1,4 ml/cm ² AC=0,20 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção(72h)=6,0 kg/m ² D ₁ =0,13 kg/(m ² /h) D ₂ =0,79 kg/(m ² /h ^{0,5})
	Terra argilosa: areia média 1:2	MV=2111,5 kg/dm ³ E=172,3 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,30E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=0,9 ml/cm ² AC=0,55 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção(72h)=7,4 kg/m ² D ₁ =0,15 kg/(m ² /h) D ₂ =0,88 kg/(m ² /h ^{0,5})
	Terra argilosa: areia média 1:2,5	MV=2115,2 kg/dm ³ E=162,3 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,33E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=0,6 ml/cm ² AC=0,28 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção(72h)=6,9 kg/m ² D ₁ =0,15 kg/(m ² /h) D ₂ =0,78 kg/(m ² /h ^{0,5})
	Terra argilosa: areia média 1:4	MV=2097,3 kg/dm ³ E=171,2 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,59E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=1,3 ml/cm ² AC=0,39 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção total(72h)=6,5 kg/m ² D ₁ =0,14 kg/(m ² /h) D ₂ =0,73 kg/(m ² /h ^{0,5})
	Terra argilosa: areia média 1:3 com adição 10 e 20% palha de aveia	MV=2007,0-1936,9 kg/dm ³ E=162,8-169,6 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,27E-11$ a $1,34E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=0,5-0,7 ml/cm ² AC=0,63 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção(72h)=9,1-10,2 kg/m ² D ₁ =0,14-0,15 kg/(m ² /h) D ₂ =0,97-1,05 kg/(m ² /h ^{0,5})
	Terra argilosa: areia média 1:3 com adição 20,40 e 80% sementes de tábua	MV=2054,9-2101,9 kg/dm ³ E=171,3-174,6 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,38E-11$ a $1,58E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=0,9-1,1 ml/cm ² AC=0,23-0,28 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção(72h)=6,8-7,6 kg/m ² D ₁ =0,13 kg/(m ² /h) D ₂ =0,75-0,84 kg/(m ² /h ^{0,5})
	Terra argilosa: areia média 1:3 com adição 5,10 e 20% gesso	MV=2073,9-2086,8 kg/dm ³ E=164,0-174,3 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,29E-11$ a $1,38E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=1,3-4,5 ml/cm ² AC=0,23-0,65 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção(72h)=6,9-9,9 kg/m ² D ₁ =0,17-0,18 kg/(m ² /h) D ₂ =0,83-1,05 kg/(m ² /h ^{0,5})
	Terra argilosa: areia média 1:3 com adição 2 e 5% óleo de linhaça	MV=1946,7-1925,6 kg/dm ³ E=170,3-171,2 mm Adsorção de vapor de água (12h)=40-80 g/m ² $\delta_p=1,37E-11$ a $1,14E-11$ kg/(m.s.Pa) Água absorvida=6,9-28,4 ml/cm ² AC=0,40-1,30 kg/(m ² .min ^{0,5}) Absorção(72h)=6,1-6,6 kg/m ² D ₁ =0,10-0,14 kg/(m ² /h) D ₂ =0,38-0,45 kg/(m ² /h ^{0,5})
Santos et al., 2017a	Pré-doseada de terra com fibras (Embarro)	Ta=20 % B=1,54 kg/dm ³ E=161,5 mm MV=2,00 kg/dm ³ MVa=1,77 kg/dm ³ Ed=4331 N/mm ² FStr=0,24 N/mm ² CStr=0,55 N/mm ²
	1:3 (25% terra, 30% areia grossa e 45% areia fina)	Ta=20 % E=167,5 mm MV=2,06 kg/dm ³ MVa=1,79 kg/dm ³ Ed=3933 N/mm ² FStr=0,22 N/mm ² CStr=0,56 N/mm ²
	1:3 (30% areia grossa, 15% areia fina, 30% PCM)	Ta=20 % E=151,5 mm MV=1,43 kg/dm ³ MVa=1,27 kg/dm ³ Ed=370 N/mm ² FStr=0,09 N/mm ² CStr=0,42 N/mm ²
	Anterior com adição de 5% de cal	Ta=20 % E=176,7 mm MV=1,61 kg/dm ³ MVa=1,43 kg/dm ³ Ed=1182 N/mm ² FStr=0,03 N/mm ² CStr=0,20 N/mm ²
	Anterior com adição de 5% de fibras	Ta=25 % E=192,5 mm MV=2,00 kg/dm ³ MVa=1,72 kg/dm ³ Ed=3838 N/mm ² FStr=0,19 N/mm ² CStr=0,43 N/mm ²
	Anterior com adição de 5% de cal e 5% fibras	Ta=25 % E=175 mm MV=1,93 kg/dm ³ MVa=1,67 kg/dm ³ Ed=157 N/mm ² FStr=0,09 N/mm ² CStr=0,22 N/mm ²

Quadro 2.1 - Síntese de estudos realizados com argamassas de terra, com e sem estabilizações (cont.).

Referência	Tipo e constituição da argamassa	Resultados
Faria 2016	Cal aérea: areia 1:2 (vol.)	E=147 mm Ed=2902 N/mm ² FStr=0,33 N/mm ² CStr=0,70 N/mm ² MV=1594 kg/dm ³ $\lambda=0,74$ W/(m.K) AC=3,78 kg/(m ² . min ^{1/2}) D=0,26 kg/(m ² .h) ID=0,19
	Cal aérea: areia 1:3 (vol.)	E=151 mm Ed=3243 N/mm ² FStr=0,30 N/mm ² CStr=0,66 N/mm ² MV=1596 kg/dm ³ $\lambda=0,77$ W/(m.K) AC=2,76 kg/(m ² . min ^{1/2}) D=0,30 kg/(m ² .h) ID=0,10
	Cal: terra: areia 1:0,02:2,1(vol.)	E=150 mm Ed=2880 N/mm ² FStr=0,31 N/mm ² CStr=0,64 N/mm ² MV=1552 kg/dm ³ $\lambda=0,73$ W/(m.K) AC= 3,53 kg/(m ² . min ^{1/2}) D=0,26 kg/(m ² .h) ID=0,17
	Cal: terra: areia 1:0,04:2,2 (vol.)	E=155 mm Ed=2914 N/mm ² FStr=0,35 N/mm ² CStr=0,72 N/mm ² MV=1560 kg/dm ³ $\lambda=0,77$ W/(m.K) AC=3,24 kg/(m ² . min ^{1/2}) D=0,24 kg/(m ² .h) ID=0,16
	Cal: terra: areia 1:0,1:2,7 (vol.)	E=150 mm Ed=2662 N/mm ² FStr=0,31 N/mm ² CStr=0,57 N/mm ² MV=1576 kg/dm ³ $\lambda=0,73$ W/(m.K) AC=3,70 kg/(m ² . min ^{1/2}) D=0,23 kg/(m ² .h) ID=0,18
	Cal: terra: areia 1:0,3:4 (vol.)	E=149 mm Ed=2229 N/mm ² FStr=0,24 N/mm ² CStr=0,51 N/mm ² MV=1579 kg/dm ³ $\lambda=0,69$ W/(m.K) AC=4,42 kg/(m ² . min ^{1/2}) D=0,28 kg/(m ² .h) ID=0,15
Faria et al., 2016	Pré-doseada de terra com fibras (Embarro)	B=1,17kg/dm ³ Amassadura no local: Ta=20,1 % Teor de ar=2,8 % MV=2,03 kg/dm ³ E=178,8 mm Amassadura em laboratório: Ta=19,4 % Teor de ar=2,5 % MV=2,11 kg/dm ³ P=2,4 mm E=182,3 mm Ae=14,2 mm Ab= Provetes circulares:18,1 g (escova dura); 3,9 (escova média); 0,3 g (escova macia); Provetes de argamassa aplicada sobre tijolo:11,2 g (escova dura); 4,5 g (escova média) Ed=3610 N/mm ² FStr=0,3 N/mm ² CStr=1,1 N/mm ² AStr=0,15 N/mm ² Resistência á difusão de vapor de água=8,0; espessura da camada de ar=0,16 CA= WSIII AC (sem impermeabilização=1,84 kg/(m ² .min ^{0,5}), impermeabilização com polietileno=0,86 kg/(m ² .min ^{0,5}), impermeabilização com resina=0,50 kg/(m ² .min ^{0,5}) TS (sem impermeabilização=0,64 kg/(m ² .h), impermeabilização com polietileno=0,33 kg/(m ² .h), impermeabilização com resina= 0,30 kg/(m ² .h) ID (sem impermeabilização=0,12, impermeabilização com polietileno=0,19, impermeabilização com resina =0,15 $\lambda=0,8-1,0$ W/(m.K) MVa=classe 1,8 e 2,0 kg/dm ³ Porosidade=30-31 %
Lima &Faria 2016	Referência sem fibras - Traço volumétrico 1:3 (terra argilosa: areia siliciosa)	Ta=19,6 % MV=2130,7 kg/dm ³ E=173,2 mm RL=0,85 % MVa=1,91 kg/dm ³ $\lambda=1,35$ W/(m.K) FStr=0,25 N/mm ² CStr=0,88 N/mm ² AStr=0,07N/mm ² CA= WSIII
	Anterior com adição de 10 e 20 % de fibras de palha de aveia (comprimento 20mm)	Ta=22,1-25,0 % MV=2007,0-1936,9 kg/dm ³ E=162,8-169,6 mm RL=0,13-0,38 % MVA=1,66-1,73 kg/dm ³ $\lambda=0,99-1,23$ W/(m.K) FStr=0,20-0,23 N/mm ² CStr=0,55-0,67 N/mm ² CStr=0,08-0,09 N/mm ² CA= WSIII
	Anterior com adição de 20, 40 e 80% de fibra de <i>typha</i>	Ta=21,7-25,6 % MV=2054,9-2101,9 kg/dm ³ E=171,3-174,6 mm RL=0,47-0,62 % MVA=1,85-1,89 kg/dm ³ $\lambda=1,28-1,45$ W/(m.K) FStr=0,26- 0,31 N/mm ² CStr=0,87-1,02 N/mm ² AStr=0,09- 0,11 N/mm ² CA= WSIII
Lima et al., 2016a	Terra ilitica: areia média 1:3 (vol.)	MV=2130,7 kg/dm ³ E=173,2 mm RL=0,8% MVa=1,91 kg/dm ³ $\lambda=1,35$ W/(m.K) CStr=0,88 N/mm ² FStr=0,25N/mm ² AStr=0,07 N/mm ² Ab=1,05 g C=0,009 g
	Terra ilitica: areia fina 1:3 (vol.)	MV=2018,8 kg/dm ³ E=173,2 mm RL=0,1% MVa:1,77 kg/dm ³ $\lambda=1,18$ W/(m.K) CStr=0,77 N/mm ² FStr=0,25 N/mm ² AStr=0,02N/mm ² Ab=4,42 g Coesão:0,013 g
	Terra ilitica: areia grossa 1:3 (vol.)	MV=2094,3 kg/dm ³ E=173,2 mm RL=0 % MVa=1,84 kg/dm ³ $\lambda=1,46$ W/(m.K) CStr=0,63 N/mm ² FStr=0,20 N/mm ² AStr=0,05 N/mm ² Ab=1,02 g C=0,018 g
	Terra ilitica 1:3 (vol.) com adição de 5,10 e 20% de gesso	MV=2073,9-2086,8 kg/dm ³ E=164,0-174,3 mm RL=0,7 -0,2% MVa=1,82-1,90 kg/dm ³ $\lambda=1,27-1,54$ W/(m.K) CStr=1,03-2,27 N/mm ² FStr=0,37-0,89 N/mm ² AStr=0,07-0,06 N/mm ² Ab=0,02-0,28 g C=0,004-0,008 g

Quadro 2.1 - Síntese de estudos realizados com argamassas de terra, com e sem estabilizações (cont.).

Referência	Tipo e constituição da argamassa	Resultados
Lima et al., 2016b	Terra ilitica: areia 1:3 (vol.) - argamassa de referência	RL< 0,2 % MVa classe 1,8 (1,77 kg / dm ³) λ=1,18W/ (m.K) CStr=0,77 N/mm ² FStr=0,25N/mm ² AStr=0,02 N/mm ² Ab=4,42 g C=0,013 g
	Anterior com adição de 2 e 5% de óleo de linhaça	RL< 0,2 % MVa classe 1,8 (1,74 e 1,75 kg / dm ³) λ=1,18-1,36 W/ (m.K) CStr=1,22-2,08 N/mm ² FStr=0,49-0,69 N/mm ² AStr=0,05-0,15 N/mm ² Ab=0,18-0,03 g C:0,003-0,002 g
Lima et al., 2016c	Terra ilitica: areia: 1:2; 1:2,5; 1:3; 1:4 (vol.)	Ta=17,7-20,4 % MV=2097,3-2130,7 kg/m ³ E=162,3-1732 mm RL=0,34-1,43 % MVa=classe 2,0 (1,81 e 2,0 kg/dm ³) λ=1,00-1,25 W/ (m.K) Argamassas não atingem valores mínimos de resistência mecânica (CStr=0,99-0,53 N/mm ² FStr=0,22-0,27 N/mm ² AStr=0,07 N/mm ² CA=WSIII
Delinière et al., 2014	Pré-doseada de terra (cor bronze)	Ta=16,8 % E=185 mm MV=2,1 g/cm ³ MVa=1,8 g/cm ³ RL=1,6 % FStr=0,69 MPa CStr=2,1MPa
	Pré-doseada de terra (cor ocre)	Ta=20,5 % E=182,5 mm MV=2,0 g/cm ³ MVa=1,7 g/cm ³ RL=2,1 % FStr=0,61 MPa CStr=1,8 MPa
	33% terra e 67% areia (cor ocre)	Ta=20,2% E=165 mm MV=2,1 g/cm ³ MVa=1,7 g/cm ³ RL= 1,5 % FStr :0,49 MPa CStr=1,3 MPa
	29% terra e 71% areia(cor castanha)	Ta=20,0 % E=175 mm MV=2,1 g/cm ³ MVa=1,8 g/cm ³ RL=1,8 % FStr=0,64 MPa CStr=1,8 MPa
	29% terra e 71% areia (cor ferrugem)	Ta=18,8 % E=160 mm MV=2,1 g/cm ³ MV=1,7 g/cm ³ RL=2,5 % FStr=0,57 MPa CStr=1,7MPa

Nota: Ab- perda de massa por abrasão; AC- coeficiente de capilaridade; Ae- abaixamento por espalhamento; AStr- aderência ao suporte; B- baridade; C- perda de massa por falta de coesão superficial; CA- classe de absorção; CStr- resistência à compressão; TS- taxa de secagem; D₁ – taxa da 1.º fase de secagem; D₂ – taxa da 2.º fase de secagem; E- consistência por espalhamento; Ed- módulo de elasticidade dinâmico; FStr- resistência à flexão; ID- índice de secagem; MV- massa volúmica; MVa- massa volúmica aparente; P- consistência por penetrômetro; RL- retração linear por secagem; RV- retração volumétrica por secagem; Ta- teor de água; W- quantidade de água absorvida por unidade de área; λ- condutibilidade térmica; δp- permeabilidade ao vapor de água

Analisando os resultados acima resumidos, é possível concluir alguns aspetos sobre argamassas com base em terra, com ou sem adições: as argamassas de terra apresentam elevada capacidade de adsorção e desadsorção; o teor de água influencia bastante as características das argamassas, não só no estado fresco, mas também no estado endurecido; a adição de baixas percentagens de cal não melhora as características mecânicas das argamassas de terra.

Estudos anteriores (Lima et al., 2020) concluíram que a mineralogia da argila estimula a capacidade de adsorção e desadsorção de vapor de água, a absorção de água por capilaridade e a retração linear por secagem. Esta característica tem ainda influência na resistência mecânica, na abrasão a seco, na condutibilidade térmica e na secagem.

2.3. Argamassas pré-doseadas com base em ligantes correntes

Os ligantes mais correntes são o cimento, as cais (aéreas e com propriedades hidráulicas) e o gesso (Faria, 2012). As argamassas com base em ligantes correntes são as mais comuns e as atualmente mais utilizadas. Estes tipos de argamassas caracterizam-se pela existência de uma reação química que ocorre principalmente durante o tempo de cura.

Existe um impacto ambiental associado à produção destes ligantes, sendo esse impacto função do tipo de ligante, isto é, a produção de cimento e de cais com propriedades hidráulicas requerem temperaturas de

calcinação significativamente mais elevadas que as necessárias para produção da cal aérea. Estas não são sequer comparáveis com a baixa energia necessária para produção do gesso (Faria & Lima, 2018).

Gesso

Na arquitetura portuguesa a utilização de revestimentos interiores com acabamentos com base em gesso é comum principalmente desde o século XVIII. Estes revestimentos variam desde elementos decorativos em edifícios nobres, constituindo um património valioso e a preservar, até simples aplicações como revestimento em construções comuns (Freire et al., 2019).

O gesso é proveniente de uma rocha, quimicamente designada por sulfato de cálcio di-hidratado, que, quando sujeita a temperaturas de 120-180 °C, liberta parte da sua água e passa a gesso hemi-hidratado. O gesso em pó é amassado com água e origina uma pasta (argamassa) que depois endurece e volta a ter características semelhantes às da rocha inicial, embora sendo mais sensível à água e mais porosa. Caso a rocha inicial seja submetida a temperaturas da ordem dos 300-400 °C obtém-se anidrite, outro tipo de gesso que, ao ser amassado com água e endurecer, se torna semelhante à rocha inicial embora resulte num sólido menos poroso, logo com maior estabilidade face à água, isto devido a uma reação química mais lenta que a anterior. Devido a uma maior estabilidade face à presença de água a anidrite pode ser adequada em ambientes exteriores (Faria & Lima, 2018).

Cimento

O cimento é a segunda substância mais consumida, sendo a água a mais consumida (Krejcirikova et al., 2018). É um material muito utilizado em todo o mundo devido à sua versatilidade, às suas propriedades mecânicas e à sua acessibilidade. A tendência é que no futuro esse consumo continue a aumentar, esperando-se que em 2050 atinja valores cerca de quatro vezes superiores aos valores consumidos em 1990 (Bogas et al., 2019). Esse aumento no consumo, e consequente aumento das necessidades de produção, constitui uma enorme fonte de preocupação pois acarreta uma extensiva e excessiva extração de matérias-primas (calcário margoso), o consumo de energias não renováveis necessárias para toda a produção, a emissão excessiva de gases que provocam efeito estufa e ainda o aumento dos resíduos de construção e demolição (Bogas et al., 2019).

O processo de fabrico do cimento divide-se em várias fases desde a extração das matérias-primas até à embalagem e expedição. Numa primeira dá-se a extração mecânica ou com recurso a explosivos das matérias-primas, normalmente em pedreiras a céu aberto, posteriormente dá-se a preparação, o transporte, o armazenamento e a pré-homogeneização das matérias-primas. Na fase seguinte as matérias-primas depois de selecionadas e doseadas são transportadas para moinhos onde ocorre a produção do cru (mistura finamente moída das matérias-primas, em proporções previamente definidas em função do produto a obter. O cru é posteriormente colocado no forno e cozido a temperaturas elevadas (cerca de 1450 °C) obtendo-se o clínquer (composto essencialmente por silicatos e aluminatos). O cimento resulta da moagem fina do clínquer juntando-lhe gesso e aditivos (como por exemplo cinzas volantes e escórias de alto forno). Por fim o cimento é embalado e expedido (Varela & Vieira, 2005).

As argamassas pré-doseadas de rebocos com base em cimento são constituídas por uma mistura de cimento, minerais e adjuvantes selecionados e doseados em fábrica (Malanho & Veiga, 2010).

O Quadro 2.2 apresenta a síntese de alguns estudos realizados por alguns autores sobre argamassas com base em cimento e em gesso e respetivos resultados.

Quadro 2.2 - Síntese de estudos realizados com argamassas com base em gesso e em cimento.

Referência	Tipo e constituição das argamassas	Resultados
Lima et al., 2016b	De gesso hemi-hidratado não aditivado (SIVAL)	RL=0,53 % MVa classe 1,8 (1,72 kg/dm ³) λ =0,93 W/(m.K) CStr=1,66 N/mm ² FStr=0,69 N/mm ² AStr=0,11 N/mm ² Ab=1,05 g C=0,009 g
Bogas et al., 2019	Com base em cimento	MV=2232 kg/m ³ FStr (7, 28 e 90 dias)=6-6,7 MPa CStr (7,28 e 90 dias)=28,1-42,2 MPa Velocidade dos ultrassons (7 e 28 dias)=3940-4466 m/s Ed (7, 28 e 90 dias)=31,1-37,7 GPa
Brás et al., 2013	De CEM II/B-L 32,5 N	Expansibilidade=0,5 mm FStr (7 e 28 dias)=5,8-7,3 MPa CStr (7 e 28 dias)=31,1-40,1 MPa MV=3000 kg/m ³ MVA=1,07 kg/dm ³
Malanho & Veiga 2010	De cimento Portland branco	Durómetro=83-87

Nota: Ab- perda de massa por abrasão; AStr- aderência ao suporte; C- perda de massa por falta de coesão superficial; CStr- resistência à compressão; Ed- módulo de elasticidade dinâmico; FStr- resistência à flexão; MV- massa volumica; MVA- massa volumica aparente; RL- retração linear por secagem; λ - condutibilidade térmica

2.4. Síntese

A qualidade do ar interior é muito importante para a saúde e conforto dos ocupantes dos edifícios, mas afeta também o seu desempenho cognitivo (Krejcirikova et al., 2018). Daí este assunto merecer cada vez mais interesse por parte da comunidade científica. Por incrível que pareça, a poluição no interior dos edifícios chega muitas vezes a ser superior aos níveis de poluição no exterior (Gomes et al., 2017). Surge assim a necessidade de se perceber a natureza e o teor dos poluentes no interior dos edifícios para otimizar estratégias de ventilação, de forma a, no período de aquecimento, não gerar consumos insustentáveis de climatização interior. Por outro lado, é necessário desenvolver e aplicar no interior revestimentos, mobiliário e materiais que não libertem poluentes. Finalmente, é importante desenvolver e aplicar revestimentos interiores que tenham eles próprios a capacidade de contribuir para a qualidade do ar interior e o conforto e saúde dos ocupantes, nomeadamente que não libertem poluentes nem odores, idealmente que possam captar poluentes e odores existentes no interior, e que possam contribuir para regular a temperatura e a humidade relativa.

A resposta do sector da construção à necessidade de sustentabilidade global passa pela construção ecoeficiente ou sustentável. A grande prioridade em termos de construção sustentável é criar ambientes interiores saudáveis (Gomes et al., 2017).

Tal como já foi referido, devido às suas capacidades higroscópicas, conferidas pela argila, as argamassas de terra apresentam elevada capacidade de adsorver e libertar vapor de água, o que contribui para o equilíbrio termo higrométrico interior (Santos et al., 2018b). Mas poucos estudos têm efetuado e analisado em paralelo as características de diferentes argamassas e rebocos. Assim, esse é o propósito da parte experimental desta dissertação.

3. Materiais e metodologia experimental

3.1. Considerações gerais

Durante esta campanha experimental foram caracterizados diversos sistemas de reboco interior, realizados com base em cinco argamassas. A caracterização vai focar os materiais utilizados, as argamassas e os sistemas de revestimento completos. Para tal são realizados ensaios aos materiais, às argamassas no estado fresco, logo após a amassadura das argamassas, e aos provetes realizados no estado endurecido, após a sua cura. Os procedimentos de ensaio são baseados, sempre que possível, em normas de ensaio ou procedimentos adaptados de estudos anteriores.

3.2. Materiais

Das cinco argamassas estudadas quatro são argamassas pré-doseadas: argamassa de terra, da Embarro Universal; argamassa de terra e cal aérea, da Aldeias de Pedra (não comercializada); argamassa de cimento, RHP Manual interior, da Secil Argamassas; argamassa de gesso, Project 2010. O sistema de reboco com esta última argamassa inclui uma camada de massa de acabamento da Sival. Foi, ainda, formulada em laboratório, uma outra argamassa de terra. Foram caracterizados a seco (baridade, análise granulométrica e sedimentação) todos os materiais constituintes da argamassa formulada em laboratório e todos os produtos pré-doseados secos das restantes argamassas.

3.2.1. Argamassa pré-doseada de terra

A argamassa pré-doseada de terra T_E, comercializada pela empresa Embarro Universal, apresenta visualmente uma cor avermelhada e algumas fibras (Figura 3.1). De acordo com informação técnica do produtor (Anexo A.1.), trata-se de uma argamassa pronta a aplicar adicionando água, indicada para aplicação em rebocos interiores. Pode ser aplicada manualmente ou com máquina de projetar. Tem aproximadamente 1800 kg/m³ de massa volúmica. É composta por: terra argilosa peneirada, areia mista 0–2 mm e palha com dimensão máxima de 10 mm. As proporções exatas de cada constituinte presentes nesta argamassa não são conhecidas.

Outros autores, em campanhas experimentais anteriores, analisaram uma argamassa de terra pré-doseada, comercializada pela mesma empresa e com características semelhantes. Concluíram que a argila era ilítica (Faria et al., 2016; Santos et al., 2019b; Santos et al., 2017a). Os resultados obtidos encontram-se resumidos no Quadro 2.1.



Figura 3.1 - Produto pré-doseado para a argamassa de terra T_E.

3.2.2. Argamassa de terra formulada em laboratório

A argamassa de terra formulada em laboratório T_AP é composta por: terra argilosa avermelhada (TAV), areia branca (AF) e areia de rio (AG) (Figura 3.2). A terra e a areia AG foram disponibilizadas pela empresa Aldeias de Pedra. É formulada com traço volumétrico de 1:3:1,5 (TAV: AF: AG) e amassada adicionando 10 % (em volume) de água. Houve um estudo prévio para obter a formulação mais adequada desta argamassa (Santos et al., 2018a). Através da baridade dos constituintes verifica-se que corresponde a um traço em massa de 1:3,04:1,78 (TAV: AF: AG). Como a argila e as areias presentes na argamassa são não inflamáveis (não contém material orgânico), o produto é da classe A1 no que toca a comportamento ao fogo.



Figura 3.2 - Constituintes da argamassa T_AP: TAV (esquerda); AF (centro); AG (direita).

3.2.3. Argamassa de terra e cal aérea

A argamassa pré-doseada de terra e cal aérea, designada por T+CL, é composta por: terra argilosa amarela (TAA), fornecida pela Sorgila; pó calcário (PC); areia de rio (AG, a mesma utilizada na argamassa de terra T_AP) e pasta de cal (Figura 3.3). Não se conhecem as proporções de cada material constituinte desta argamassa, nem mais informação sobre a cal adicionada. Foi fornecida já amassada com 20 % de água (indicação do produtor).

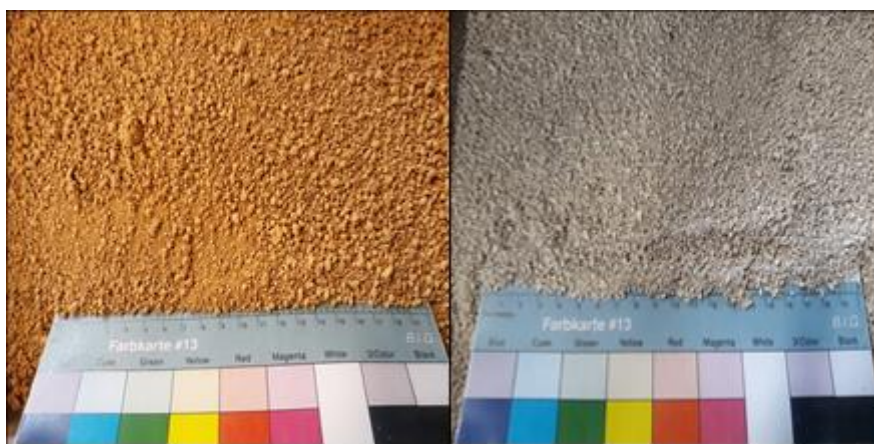


Figura 3.3 - Constituintes da argamassa T+CL: TAA (esquerda); PC (direita).

3.2.4. Argamassa pré-doseada de cimento

A argamassa pré-doseada com base em cimento C, RHP Manual Interior, comercializada pela Secil Argamassas. De acordo com a ficha técnica do produto (Anexo A.1.), a RHP Manual Interior é uma argamassa destinada a reboco de paredes e tetos interiores, formulada a partir de ligantes hidráulicos, agregados calcários e siliciosos e adjuvantes. Vocacionada para aplicação manual, é apropriada para acabamento areado para pintura posterior. Ao substituir os rebocos tradicionais, apresenta como vantagens a aplicação em sistemas de camada única e uma controlada fissuração por retração.

Segundo a ficha técnica o produto caracteriza-se como um pó cinzento (Figura 3.4) de granulometria inferior a 1,2 mm (CEN, 1998) e é comercializado em sacos de 30 kg. Tal como sugerido pelo fabricante na ficha técnica, a amassadura realiza-se com 4,4 l de água para 30 kg de produto em pó. Este produto, segundo a ficha técnica do produtor, apresenta uma classe de reação ao fogo A1 (CEN, 2010).



Figura 3.4 - Produto pré-doseado de cimento C, RHP Manual da Secil Argamassas.

3.2.5. Argamassa pré-doseada de gesso

A argamassa pré-doseada com base em gesso G, PROJECT 2010 é comercializada pela empresa Sival. Em sistemas de reboco deve ser complementada, com aplicação de camada de acabamento MASSA DE ACABAMENTO, também da Sival. Pode levar ou não pintura posterior. Segundo a ficha técnica do fabricante (Anexo A.1.), o Project 2010 é um produto com base em gesso, cargas minerais, perlite e adjuvantes, de cor branca (Figura 3.5). É comercializado em forma de pó pronto a amassar mecanicamente com água, para aplicação por projeção, em camada única. O produto é comercializado em embalagens de papel com 20 ou 25 kg ou a granel. O fabricante não disponibiliza indicação da quantidade de água a utilizar.

É indicado para aplicação em paredes e tetos interiores, podendo ser aplicado sobre a generalidade dos suportes.

A massa de acabamento é um produto de cor branca, com base em gesso, cargas minerais, e adjuvantes. É comercializado em forma de pó muito fino pronto a amassar mecanicamente com água, e aplicar manualmente. Este produto é comercializado em embalagens de 25 ou 5 kg. Segundo a ficha técnica (Anexo A.1.) pode obter-se um acabamento idêntico ao do estuque tradicional. Este produto de acabamento pode também ser utilizado na conservação e na reabilitação de revestimentos interiores para reparação de fissuras e realização de barramentos. O fabricante indica, para um saco de 5 kg de produto em pó, utilizar-se 3,6 l de água.

Quer a argamassa PROJECT 2010, quer a massa de acabamento, são produtos com classe de reação ao fogo A1 (Anexo A.1.).

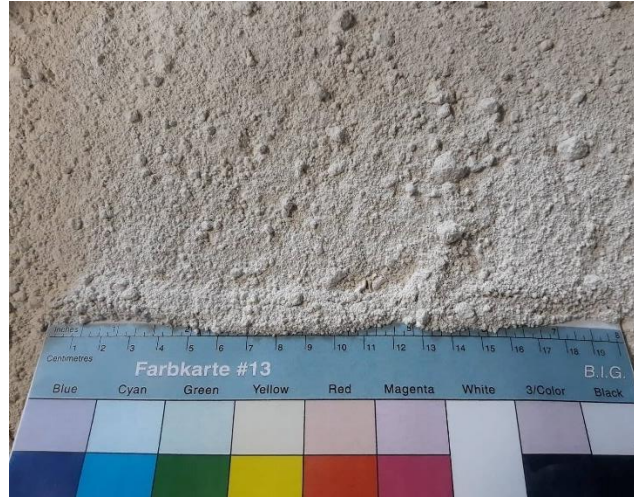


Figura 3.5 - Produto pré-doseado G, Project 2010 da Sival.

3.3. Amassaduras, preparação dos provetes e cura

As amassaduras de todas as argamassas foram realizadas ou terminadas em laboratório, mas de modo a serem reproduzíveis, uma vez que se realizaram várias amassaduras para cada tipo de argamassa, para obter a quantidade de argamassa necessária, e, por outro lado, para reproduzir o mais possível o processo realizado em obra. Para tal, as amassaduras foram feitas numa selha utilizando uma misturadora com pá agitadora (Figura 3.6). O processo de amassadura inicia-se colocando o material seco (produtos pré-doseados ou materiais secos, previamente homogeneizados) na selha e adicionando a quantidade água necessária à medida que se vai misturando. Misturou-se durante 8 minutos, efetuando-se uma paragem para limpeza dos bordos, seguidos de mais 3 minutos de amassadura, tempo considerado suficiente para que a amassadura ficasse homogênea (Santos et al., 2019a).



Figura 3.6 - Exemplificação da amassadura das argamassas em estudo.

Os constituintes e a relação água/ material seco de cada uma das argamassas encontram-se no Quadro 3.1. Tal como antes referido as argamassas pré-doseadas T_E, T+CL e C foram produzidas adicionando o teor de água indicado pelo produtor (15, 20 e 14 % respetivamente). Para as argamassas T_AP e G não havia indicação da quantidade de água por parte do produtor, por isso, foi deixado o aplicador experiente definir o teor de água considerado adequado e que ele utilizaria em obra (10 e 43 %, respetivamente), de modo a garantir uma boa trabalhabilidade.

O Quadro 3.1 apresenta a síntese das argamassas realizadas, os seus constituintes, a relação entre a quantidade de água e os materiais secos.

Quadro 3.1 - Quadro resumo argamassas e seus constituintes e do acabamento.

Nomenclatura	Descrição	Constituintes da argamassa	Relação água/material seco
T_E	Argamassa pré-doseada de terra (EMBARRO Universal)	Argamassa pré- doseada	0,14
		Água	
T_AP	Argamassa pré-doseada de terra (Aldeias da Pedra)	Argila avermelhada (TAV)	0,10
		Areia branca (AF)	
		Areia de rio (AG)	
		Água	
T+CL	Argamassa pré-doseada de terra e cal (Aldeias da Pedra)	Argila amarela (TAA)	0,20
		Pó calcário (PC)	
		Areia (AG)	
		Pasta de cal	
		Água	
C	Argamassa pré-doseada com base em cimento - RHP Manual Interior (SECIL ARGAMASSAS)	Argamassa pré-doseada	0,15
		Água	
G	Argamassa pré-doseada com base em gesso da Sival – PROJECT 2010	Massa de enchimento	0,43
		Água	
MA	Massa de acabamento	Massa de acabamento	0,70
		Água	

Foi realizada a caracterização no estado fresco de cada argamassa. Para caracterização de cada argamassa no estado endurecido foram realizados vários provetes de argamassa:

- seis provetes prismáticos de dimensões 40 mm x 40 mm x 160 mm, preparados em moldes metálicos, previamente pincelados com óleo descofrante, apenas em quantidade indispensável para garantir uma boa descofragem. A argamassa foi colocada no interior do molde em duas camadas, tendo cada uma sido compactada mecanicamente com 20 pancadas. No final da segunda compactação, o molde foi rasado e nivelado (Figura 3.7);
- dois provetes constituídos pela aplicação de uma camada de 2 cm da argamassa numa superfície de tijolo furado com dimensões de 20 cm x 30 cm (Figura 3.8);
- três provetes circulares em moldes de PVC com 90 mm de diâmetro e 20 mm de espessura (Figura 3.9);
- três provetes planares em moldes metálicos com dimensões 15 mm x 200 mm x 500 mm (Figura 3.10).

Os provetes prismáticos foram desmoldados após pelo menos 7 dias de secagem e, tal como os outros provetes, foram acondicionados em condições de 20 ± 2 °C e 65 ± 5 %, até serem ensaiados.



Figura 3.7- Provetes prismáticos da argamassa T_AP antes e após serem razados.

A preparação dos provetes de argamassa sobre tijolo iniciou-se, humedecendo o tijolo com água, exceto no caso das argamassas com base em terra nas quais se utilizou uma barbotina resultante da mistura de água e terra argilosa. Este processo serve para evitar a absorção por parte do tijolo da água existente na argamassa e promover uma melhor aderência da argamassa ao suporte. Para obter um provete com as dimensões pretendidas colocou-se um molde de contraplacado marítimo com, aproximadamente as mesmas dimensões do tijolo e com a altura desse tijolo, acrescida da altura pretendida para a camada de argamassa. Rasou-se e nivelou-se a camada de argamassa, utilizando uma talocha, deixando a superfície reproduzindo um reboco, e retirou-se o molde.



Figura 3.8 - Execução de provetes de argamassa sobre tijolo com e sem o molde.

Para os provetes circulares a argamassa foi colocada nos moldes com uma espátula, depois foi rasada e nivelada.



Figura 3.9 - Provetes circulares.

Para a produção dos provetes planares com 1000 cm² de área de superfície os moldes foram previamente forrados com película aderente, depois foi colocada a argamassa com uma talocha, e por fim foram rasados com movimentos de serra e nivelados.



Figura 3.10 - Provetes planares.

No dia seguinte à produção dos provetes de argamassa pré-doseada com base em gesso, aplicou-se a camada de acabamento como barramento. A camada de acabamento foi aplicada com cerca de 1 mm de espessura, nos provetes de argamassa sobre tijolo, nos provetes circulares e nos planares.

O Quadro 3.2 apresenta uma síntese dos provetes realizados, dos ensaios em que cada tipo de provete foi utilizado e a quantidade de provetes utilizados.

Quadro 3.2 - Quadro síntese dos provetes realizados e utilizados em cada ensaio.

Provetes	Ensaio	Número de provetes
Prismáticos 40 mm x 40 mm x 160 mm	Retração linear e volumétrica por secagem	6
	Massa volúmica	6
	Módulo de elasticidade dinâmico	6
	Resistência à flexão	6
	Resistência à compressão	6 (metades resultantes da flexão)
	Absorção de água por capilaridade	6 (40mm x 40mm x 40 mm) cortados da metade sobrando da flexão
	Secagem	
Argamassa sobre tijolo furado (2 cm espessura)	Condutibilidade térmica	2
	Dureza superficial por durómetro	2
	Coesão superficial	2
	Resistência à abrasão	1
	Aderência ao suporte	1
	Absorção de água por baixa pressão (tubos de <i>Karsten</i>)	1
Circulares 90 mm (diâmetro), 20 mm (espessura)	Condutibilidade térmica	3
	Permeabilidade ao vapor de água	3
Planares 15 mm x 200 mm x 500 mm	Higroscopicidade	3

Tal como acima referido, todos os provetes foram colocados na sala condicionada a 20 ± 2 °C e 65 ± 5 % até à realização dos ensaios de caracterização no estado endurecido. A argamassa de terra e cal (T+CL), produzida em Julho de 2018, teve um período de envelhecimento mais prolongado, devido à reação de carbonatação que é mais lenta que as reações de endurecimento das restantes argamassas. Quer as argamassas de gesso e de cimento, tidas como reações de endurecimento rápido, como as argamassas de terra não estabilizadas que endurecem apenas por secagem, foram produzidas em Setembro de 2018. Assim as argamassas de terra, gesso e cimento foram ensaiadas com idade inferior à argamassa de terra e cal (Santos et al., 2019a).

3.4. Ensaio de caracterização

Os ensaios de caracterização dividem-se em três grupos: a caracterização dos materiais constituintes e produtos pré-doseados secos, a caracterização das argamassas no estado fresco e no estado endurecido. No Quadro 3.3 encontram-se descritos os ensaios realizados e a norma ou procedimento de ensaio de caracterização correspondente.

De referir que especificamente para argamassas de terra apenas existe a norma alemã DIN 18947 (DIN, 2013), publicada em 2013, na Alemanha. Esta norma refere-se a termos, definições, requisitos e métodos de ensaio de rebocos de argamassas de terra sem estabilização química.

No que respeita à norma DIN 18947 (DIN, 2013) para a caracterização de argamassas de terra, esta inclui a análise da retração inicial, da massa volúmica no estado endurecido, da resistência à flexão e à

compressão, da aderência ao suporte, da resistência à difusão de vapor de água, da condutibilidade térmica, da reação ao fogo, da capacidade de adsorção de água e da resistência à abrasão. De notar que para grande parte dos ensaios a norma DIN 18947 (DIN, 2013) remete para um conjunto de normas europeias. Como a norma DIN 18947 (DIN, 2013) se encontra escrita em alemão a realização desta dissertação teve por base o apresentado por outros autores, em campanhas experimentais anteriores (Faria et al., 2016; Santos & Faria, 2015).

Devido à fragilidade das argamassas face à presença de água, as argamassas de terra são consideradas as mais condicionantes quando comparadas com as argamassas de cimento e de gesso, sendo por isso necessário ajustar alguns procedimentos de ensaio. Fez-se sempre o mesmo procedimento para os provetes das cinco argamassas, por forma a obter valores comparáveis entre elas.

O Quadro 3.3 apresenta uma síntese dos ensaios realizados para caracterização dos materiais e para caracterização das argamassas no estado fresco e endurecido. Apresenta também as normas seguidas na realização de cada ensaio.

Quadro 3.3 - Quadro resumo dos ensaios de caracterização e normas seguidas.

Caracterização dos materiais		Argamassa no estado fresco		Argamassa no estado endurecido	
Ensaio	Norma	Ensaio	Norma	Ensaio	Norma
Baridade	EN 1097-3, 2000	Teor de água	-	Retração linear e volumétrica e por secagem	DIN 18947, 2013
Análise granulométrica	NP 1015-1, 1998	Consistência por espalhamento	EN 1015-3/A1, 2004	Massa volúmica aparente	EN 1015-10/A1, 2006; DIN 18947, 2013
Sedimentação	Especificação do LNEC E196	Abaixamento por espalhamento	Faria et al., 2016	Condutibilidade térmica	ISOMET Heat Transfer 2104
Densidade das partículas	NP 83, 1965	Consistência por penetrómetro	EN 1015-4, 1998	Dureza superficial por durómetro	ASTM D2240, 2000
		Massa volúmica	EN 1015-6, 1998	Coesão superficial	Vissac et al., 2017
				Módulo de elasticidade dinâmico	NP EN 14146, 2006
				Resistência à flexão e compressão	EN 1015-11, 1999
				Absorção de água por capilaridade	EN 1015-18, 2002; EN 15801, 2009
				Secagem	EN 16322, 2013
				Higroscopicidade	DIN 18947, 2013
				Resistência à abrasão a seco	DIN 18947, 2013
				Aderência ao suporte	EN 1015-12, 2000
				Absorção de água sob baixa pressão - Tubos de Karsten	EN 16302, 2013
				Permeabilidade ao vapor de água	NP EN 1015-19, 2000; EN 15803, 2009; ISO 12572, 2001

3.4.1. Caracterização dos materiais

Caracterizam-se os materiais constituintes das argamassas (areias, argilas) e, no caso das argamassas pré-doseadas, o produto seco. Os ensaios realizados para caracterização dos materiais no estado seco foram a baridade, a análise granulométrica, a sedimentação e a densidade das partículas.

Baridade

O ensaio para determinação da baridade (Figura 3.11) de um material, futuramente constituinte duma argamassa, realizou-se de acordo com a norma NP EN 1097-3 (IPQ, 2000). Este ensaio consiste em determinar a massa de material seco que preenche um recipiente de capacidade conhecida. Começa-se por colocar o equipamento, constituído por um suporte com um funil dentro dum tabuleiro. Coloca-se o recipiente por baixo da base do funil, tapa-se a base do funil e enche-se este com o material. Destapa-se a base e deixa cair o material por gravidade para dentro do recipiente. Depois de cheio, rasa-se a superfície do recipiente e pesa-se. Repete-se este procedimento de ensaio três vezes para cada material. O volume do recipiente utilizado no cálculo da baridade dos materiais constituintes da argamassa T_{AP} (TAV, AF e AG) é de 1,5 l; no caso dos materiais constituintes da argamassa T_{CL} (TAA, PC e AG) e dos produtos pré-doseados das argamassas T_E, C e G é de 0,749 l. A baridade (em kg/dm³) foi determinada pela equação (3.1):

$$B = \frac{m_{r+m} - m_r}{V_r} \times 10^{-3} \quad (3.1)$$

onde m_{r+m} é a massa do recipiente cheio (g), m_r é a massa do recipiente (g) e V_r é o volume do recipiente (l).



Figura 3.11 - Ensaio de determinação da baridade.

Análise granulométrica

A análise granulométrica de um material consiste na sua separação, através de peneiros com aberturas de malha normalizadas. Este ensaio realizou-se de acordo com a norma EN 1015-1 (CEN, 1998). Para a realização deste ensaio foram utilizados os peneiros da série principal.

A análise granulométrica foi realizada através de dois métodos de peneiração: por via seca, no caso das areias (areia de rio e areia branca) e por via húmida no caso do pó calcário, das terras argilosas (argila vermelha e argila amarela) e da argamassa pré-doseada da Embarro.

Na peneiração por via seca, a amostra de material foi colocada na estufa a uma temperatura de 40 °C, durante 24 horas. Pesou-se, no mínimo, 1 kg de amostra seca. Depois de ordenados os peneiros, coloca-se o fundo e põe-se o material no peneiro de maior abertura e tapa-se. Coloca-se o conjunto de peneiros no equipamento mecânico de vibração (Figura 3.12). Com a vibração do equipamento a amostra vai passando por gravidade pelos peneiros, deixando retida em cada peneiro a massa de material com a granulometria correspondente. A vibração foi mantida durante 2 minutos, o dobro do definido na norma, uma vez que, ao realizar o ensaio, se considerou que 1 minuto era pouco tempo, uma vez que ainda havia partículas finas em peneiros com grande abertura de malha. Seguidamente pesa-se o material retido em cada peneiro. Calcula-se a percentagem de material retida em cada peneiro(%), através da equação (3.2):

$$\%_{\text{retida}} = \frac{m_{\text{peneiro}}}{m_{\text{amostra}}} \times 100 \quad (3.2)$$

onde m_{peneiro} é a massa de material retida no peneiro (g) e m_{amostra} é a massa total da amostra (g).

Sabendo a percentagem de material retido, determina-se a percentagem de material acumulado em cada peneiro. Com esses valores constrói-se a curva granulométrica, que relaciona a dimensão do peneiro (a abertura da malha) com a percentagem de matéria que passa em cada peneiro.

No caso da peneiração por via húmida, pesa-se igualmente um mínimo de 1 kg de material, coloca-se num balde água com altura de 2 cm de água acima do material durante pelo menos 60 minutos. Depois coloca-se a série de peneiros dentro do lava louça, sem fundo para que a água saia. Coloca-se o material no peneiro de maior abertura e lava-se até que a água saia limpa no último peneiro.

Quando a água já sai limpa no fundo, pesa-se o material retido em cada peneiro, e coloca-se na estufa a 105 °C até massa constante (quando, após duas pesagens consecutivas diferidas de 24 h, o valor entre pesagens não diferir mais que 0,2 g).

Tanto no ensaio de análise granulométrica por via seca, como por via húmida, a série de peneiros utilizada foi a série de malha americana.



Figura 3.12 - Equipamento para peneiração mecânica, por via seca.

Sedimentação

O ensaio de sedimentação tem como objetivo determinar, quantitativamente, a distribuição por tamanho das partículas constituintes dos materiais. Este ensaio realizou-se de acordo com a especificação do LNEC E196 (1966). O ensaio de sedimentação foi realizado para complementar a análise granulométrica por via húmida, realizada para o produto pré-doseado (T_E), para as argilas (TAV e TAA) e para o pó calcário (PC), uma vez que os materiais apresentam partículas com dimensões inferiores a 0,075 mm.

Antes de iniciar o ensaio foi necessário calibrar o densímetro. Depois de calibrado conforme o procedimento descrito na norma, foi corrigida a leitura do menisco, uma vez que a calibração do densímetro é feita para ler o densímetro à superfície do líquido, o que não é possível devido à falta de transparência, devido às suspensões das argilas. Com o valor da correção do menisco a leitura pode fazer-se na parte superior do menisco.

Utilizaram-se massas de material seco entre as 67,4 e 70 g. Juntou-se à massa de material seco 100 cm³ de anti floculante (resultante da mistura de solução de 33 g de hexametáfosfato de sódio com 7 g de carbonato de sódio e água destilada até 1000 cm³ de volume) e colocou-se no agitador elétrico durante cerca de 15 minutos. Posteriormente, transferiu-se para o peneiro de 0,074 mm e lavou-se o material com água destilada, com particular cuidado para não exceder a quantidade máxima de água que se pode utilizar nesta operação.

O material retido no peneiro foi seco na estufa a 105 °C até massa constante e depois passado pelos peneiros de 0,841, 0,420, 0,250, 0,105 e 0,074 mm de abertura. Pesou-se a massa retida em cada peneiro. O material que passou pelo peneiro foi colocado numa proveta, encheu-se a proveta até aos 1000 cm³. Tapou-se a boca da proveta e agitou-se vigorosamente. Colocou-se a proveta na bancada (Figura 3.13) e iniciou o cronómetro. Colocou-se o densímetro e deixou-se flutuar. Ao fim de um minuto fez-se a primeira leitura, depois leu-se aos 2 e aos 5 minutos, retirou-se o densímetro lentamente, lavou-se e conservou-se numa proveta com água destilada. Foram feitas leituras, posteriormente, aos 15, 30, 60 e 250 minutos, e por fim, às 24 e às 48 h.



Figura 3.13 - Ensaio de sedimentação.

Densidade das partículas

O ensaio de determinação da densidade das partículas realizou-se de acordo com a norma NP 83 (1965). Foi necessária a realização deste ensaio porque a densidade das partículas é um dos parâmetros a ter em conta no cálculo da sedimentação dos materiais.

Este ensaio consiste na determinação da densidade de partículas de solo que passam no peneiro de 4,76 mm de abertura. A densidade das partículas de um solo determina-se pelo quociente entre a massa dum dado volume de partículas de solo, à temperatura registada durante o ensaio, e a massa de igual volume de água destilada à temperatura de 20 °C. No início do ensaio calibraram-se os picnómetros, iniciando-se pela sua lavagem, secagem e pesagem os picnómetros. Depois encheu-se de água destilada até ao traço de referência e pesou-se novamente. Determinou-se a temperatura da água e despejou-se o picnómetro.

A massa do picnómetro cheio de água à temperatura do ensaio, m_3 , em g é dada pela equação (3.3):

$$m_3 = \frac{d_4^{t_n}}{d_4^{t_1}} x (m_2 - m_1) + m_1 \quad (3.3)$$

onde $d_4^{t_n}$ e $d_4^{t_1}$ são a densidade da água, à respetiva temperatura, consultada em tabela em anexo na norma, m_2 é a massa do picnómetro cheio de água (g) e m_1 é a massa do picnómetro (g).

A densidade das partículas a determinada temperatura, relativamente à água destilada a 20 °C ($d_{20}^{t_n}$) é dada pela equação (3.4) :

$$d_{20}^{t_n} = \frac{m_4}{m_3 - (m_5 - m_4)} \times k \quad (3.4)$$

onde m_3 é a massa do picnómetro (calculada acima), m_4 é a massa do provete seco (g), m_5 é a massa do picnómetro com o provete e a água e k é o quociente da densidade da água à temperatura do ensaio, pela densidade da água a 20 °C, consultada em tabela em anexo na norma.

O ensaio realizou-se para os mesmo materiais (Figura 3.14) que o ensaio de sedimentação, ou seja, para os materiais em que a análise granulométrica foi realizada por via húmida. Para realizar o ensaio utilizou-se pelo menos 25 g de material seco (m_4). O ensaio decorreu com 19 °C de temperatura, os valores $d_4^{t_n}$ ($t_n=19^\circ\text{C}$) =0,99843; $d_4^{t_1}$ ($t_n=20^\circ\text{C}$) =0,99823 e $k= 1,00$ resultaram da consulta de tabelas anexas à norma.



Figura 3.14 - Ensaio de determinação da densidade das partículas por picnómetro.

3.4.2. Caracterização das argamassas no estado fresco

Os ensaios realizados para caracterização das argamassas no estado fresco foram: teor de água, consistência por espalhamento, abaixamento por espalhamento, consistência por penetrômetro e massa volúmica fresca.

Teor de água

O ensaio de determinação do teor de água (Figura 3.15) das argamassas consiste em calcular a relação entre a massa de água que se evapora, por secagem na estufa de uma amostra de argamassa fresca. Começou por se pesar uma caixa de Petri, onde se colocou posteriormente um pedaço de argamassa fresca. Pesou-se o conjunto e colocou-se a secar na estufa, a 40 °C. Retirou-se da estufa, deixou-se arrefecer e pesou-se novamente. Os valores obtidos resultam da média de três ensaios realizados por argamassa. O teor de água T_a (em %), é obtido através da equação (3.5):

$$T_a = \frac{m_a - m_s}{m_s - m_c} \times 100 \quad (3.5)$$

onde m_a é a massa do conjunto (argamassa + caixa de Petri) (g), m_s é a massa do conjunto (argamassa + caixa de Petri) depois de seco na estufa (g) e m_c é a massa da caixa de Petri (g).



Figura 3.15 - Amostras da argamassa T+CL fresca para determinação do teor de água.

Consistência por espalhamento

A consistência mede a fluidez das argamassas, através da deformabilidade das argamassas no estado fresco quando sujeitas a um determinado tipo de tensão. O teor de água das argamassas tem muita influência na sua consistência. O ensaio de consistência por espalhamento permite avaliar a consistência da argamassa e perceber a influência que a água tem na sua trabalhabilidade. A medição do espalhamento realizou-se de acordo com a norma e com os seus aditamentos EN 1015-3:1999/A1 (CEN, 2004) e (CEN, 2006).

Antes de iniciar o ensaio existem cuidados a ter, tais como limpar e humedecer a mesa de espalhamento e o molde troncocónico, com um pano húmido, e dar algumas pancadas na mesa ainda sem argamassa. O ensaio propriamente dito iniciou-se com a colocação do molde no centro da mesa de

espalhamento. Encheu-se em duas camadas de argamassa, colocando a primeira camada e compactando-a, e depois a segunda camada e compactando-a (Figura 3.16, à esquerda). Cada camada foi compactada manualmente, com o mínimo de 10 pancadas com o pilão. Com uma colher de pedreiro rasou-se a superfície do molde, retiraram-se os excessos e limpou-se à volta do cone. Com cuidado retirou-se o molde e deram-se 15 pancadas em 15 segundos - uma pancada por segundo (Figura 3.16, ao centro). Com o auxílio de uma craveira, mediu-se o diâmetro de argamassa espalhada em pelo menos duas direções ortogonais, preferencialmente na maior e na menor dimensão (Figura 3.16, à direita).

O ensaio de consistência por espalhamento não se realizou para a argamassa pré-doseada com base em gesso (G) devido ao efeito parede, isto é, devido à probabilidade da argamassa no estado fresco se agarrar ao molde troncocônico, utilizado para realizar o ensaio, impossibilitando a realização do ensaio.



Figura 3.16 - Consistência por espalhamento: compactação (esquerda), pancadas (centro), medição (direita).

Abaixamento por espalhamento

O ensaio de abaixamento por espalhamento não tem procedimento de ensaio normalizado, tendo sido realizado no seguimento do ensaio de consistência por espalhamento, seguindo o procedimento definido por Faria et al. (2016). O procedimento de ensaio consiste em introduzir uma peça metálica no ponto mais alto da argamassa depois de espalhada pelo ensaio anterior e, com a craveira, medir o valor do abaixamento da argamassa ocorrido. Como não se realizou o ensaio de consistência por espalhamento para a argamassa de gesso também não se realizou o ensaio de abaixamento por espalhamento.

Consistência por penetrômetro

Existem duas normas CEN para determinação da consistência das argamassas no estado fresco, uma para determinação da consistência por espalhamento e outra para determinação da consistência penetrômetro (Gomes, 2012). O ensaio de determinação da consistência por penetrômetro realizou-se de acordo com a norma EN 1015-4 (CEN, 1998). O equipamento utilizado é constituído por uma haste vertical, na qual corre um êmbolo com uma determinada massa. Encheu-se um recipiente normalizado com argamassa, em duas camadas, e usando um pilão compactou-se cada camada com 10 pancadas, para eliminar os vazios. Rasou-

se, removeu-se o excesso de argamassa e colocou-se o recipiente na base do equipamento. Deixou-se cair a haste com o êmbolo sobre a argamassa, e mediu-se a profundidade de penetração (Figura 3.17).



Figura 3.17 - Consistência por penetrômetro: queda para no provete (esquerda) e penetração (direita)

Massa volúmica no estado fresco

O ensaio de determinação da massa volúmica da argamassa no estado fresco realizou-se de acordo com a norma EN 1015-6 (CEN, 1998). Para realizar este ensaio utilizou-se um recipiente cilíndrico com capacidade de 1 l. Começou por se tarar a balança com o recipiente vazio, depois colocou-se argamassa até metade do recipiente e compactou-se oscilando o recipiente em quatro direções alternadas: deixou-se o recipiente apoiado de um lado, levantou-se do lado oposto a uma altura de 3 cm e deixou-se cair, repetindo para cada direção 4 vezes. Encheu-se o recipiente e voltou a compactar-se da mesma forma. Retirou-se o excesso de argamassa, rasando o bordo do recipiente com a colher de pedreiro e limpando-o (Figura 3.18). Por fim, pesou-se o conjunto. Sabendo a massa do recipiente vazio, subtraiu-se esse valor à massa do conjunto (recipiente cheio) e obteve-se o valor da massa volúmica para cada argamassa.



Figura 3.18 - Preparação de provete para determinação da massa volúmica no estado fresco.

3.4.3. Caracterização das argamassa e sistemas de revestimento no estado endurecido

Os ensaios de caracterização das argamassas no estado endurecido servem para avaliar o comportamento destas, por exemplo em termos de resistências mecânicas e face à presença de água. Os ensaios realizados para caracterização das argamassas no estado endurecido foram: retração linear e volumétrica por secagem; massa volúmica aparente; condutibilidade térmica; dureza superficial por durómetro; coesão superficial; resistência à abrasão a seco; módulo de elasticidade dinâmico; resistência à flexão e à compressão; aderência ao suporte; absorção de água por capilaridade; secagem; higroscopicidade; absorção de água sob baixa pressão (tubos de *Karsten*); permeabilidade ao vapor de água.

Com o objetivo de perceber qual a influência do acabamento superficial no comportamento das argamassas de revestimento após a realização dos ensaios de absorção de água por capilaridade, de secagem e de higroscopicidade com os provetes de todas as argamassas sem acabamento, os provetes planares e os provetes utilizados no ensaio de absorção de água por capilaridade e secagem de argamassa de C e de G foram pintados, com duas demãos de uma tinta com base aquosa (Luxens, branco interior, paredes e tetos).

O Quadro 3.4 apresenta, resumidamente, a idade dos provetes de cada argamassa à data da realização dos ensaios de caracterização da argamassa no estado endurecido.

Quadro 3.4 - Idade dos provetes à data de realização dos ensaios.

Ensaio	Idade da argamassa (dias)				
	T_E	T_AP	T+CL	C	G
Retração linear e volumétrica por secagem	9	19	89	18	11
Massa volúmica aparente	27	41	111	40	33
Condutibilidade térmica	30-31	36-37	106-107	35-36	36-37
Dureza superficial por durómetro	30	36	106	35	36
Coesão superficial	-	-	-	-	-
Resistência à abrasão	292	286	356	287	286
Módulo de elasticidade dinâmico	48	62	132	61	54
Resistência à flexão e à compressão	54	68	138	67	60
Aderência ao suporte	291	285	355	286	285
Absorção de água por capilaridade	56	75	146	109	68
Secagem	61	75	153	116	75
Higroscopicidade	118	124	194	138	131
Absorção de água sob baixa pressão (tubos de <i>Karsten</i>)	320	320-321	385	316	314-315
Permeabilidade ao vapor de água	506	500	570	501	500

Retração linear e volumétrica por secagem

O ensaio de retração linear por secagem realizou-se de acordo com a norma DIN 18947 (DIN, 2013) com base em Santos & Faria (2015). A DIN 18947 (DIN, 2013) não faz referência à variação volumétrica, mas esta realizou-se com base no descrito por outros autores em campanhas anteriores (Gomes et al., 2016b).

Para determinar a retração linear e volumétrica devem ser utilizados pelo menos três provetes prismáticos. No presente estudo a retração linear e volumétrica foi determinada utilizando seis provetes prismáticos de cada argamassa, com dimensões de 40 mm x 40 mm x 160 mm. Os provetes estiveram acondicionados em sala à temperatura de 20 ± 2 °C e 65 ± 5 % de humidade relativa (HR) desde a desmoldagem até massa constante (diferença de massa em 24 h menor que 0,2 %). O resultado do ensaio de retração linear por secagem obteve-se medindo, com o auxílio de uma craveira, a redução percentual do comprimento dos prismas, face ao seu comprimento inicial. A retração volumétrica por secagem consiste em medir também a largura do provete e determinar a perda de volume após o processo de secagem da argamassa (Santos et al., 2018a).

Massa volúmica aparente

Segundo a norma DIN 18947 (DIN, 2013), que com base em Santos & Faria (2015) remete para a norma EN 1015-10/A1 (CEN, 2006), a massa volúmica aparente é determinada com provetes prismáticos.

Para a determinação da massa volúmica aparente de cada provetes dividiu-se a respetiva massa (em kg) pelo seu volume (em m^3), obtido pelas medições das dimensões do provete, realizadas no ensaio de retração volumétrica. Classificaram-se as argamassas de acordo com as classes definidas pela norma alemã DIN 18947 (DIN, 2013), para argamassas de terra não estabilizadas. A balança utilizada para as pesagens deste ensaio tem 0,001 g de precisão.

Condutibilidade térmica

O ensaio de condutibilidade térmica realizou-se com o equipamento ISOMET 2104 (Heat Transfer Analyser) e correspondente sonda de superfície API 210412 com 60 mm de diâmetro, com gama de leitura entre 0,30 e 2,00 W/(m.K). Os provetes a ensaiar devem ter no mínimo 15 mm de espessura e 60 mm de diâmetro (Santos & Faria, 2015).

No presente estudo, o ensaio de condutibilidade térmica foi realizado nos provetes circulares (com 95 mm de diâmetro e 20 mm de espessura) e nos provetes de argamassa sobre tijolo, com 2 cm de espessura.

Durante a realização do ensaio os provetes foram retirados da sala condicionada, um a um, onde estiveram até estabilizar a 20 ± 2 °C e 65 ± 5 %, foram ensaiados de imediato e voltaram a ser colocados na sala condicionada. O ensaio não se realizou na sala condicionada por inexistência de espaço à data.

Para que o calor não fosse dissipado para a mesa, e garantindo as condições de fronteira homogéneas, os provetes foram colocados sobre uma placa de aglomerado de cortiça (tijolos) (Figura 3.19, à esquerda) ou sobre um quadrado de poliestireno extrudido, no caso dos provetes circulares (Figura 3.19, à direita). Colocou-se a sonda sobre o provete, e deu-se início ao ensaio carregando na opção Thermal Conductivity (F_2).

Nos tijolos, foram realizadas seis medições em cada provete, com intervalos de tempo entre medições do mesmo provete, por forma a não introduzir erros nos valores obtidos. Como existiam dois provetes de cada argamassa, a média fez-se com valores de 12 ensaios. Para os provetes circulares realizaram-se três medições na face mais homogénea de cada um dos três provetes, também espaçadas entre si de alguns intervalos de tempo. Como cada argamassa tem 3 provetes circulares, a média de cada argamassa fez-se com as 3 medições de cada provete, ou seja, com 9 valores. Os valores da condutibilidade térmica (λ) são expressos em W/(m.K).

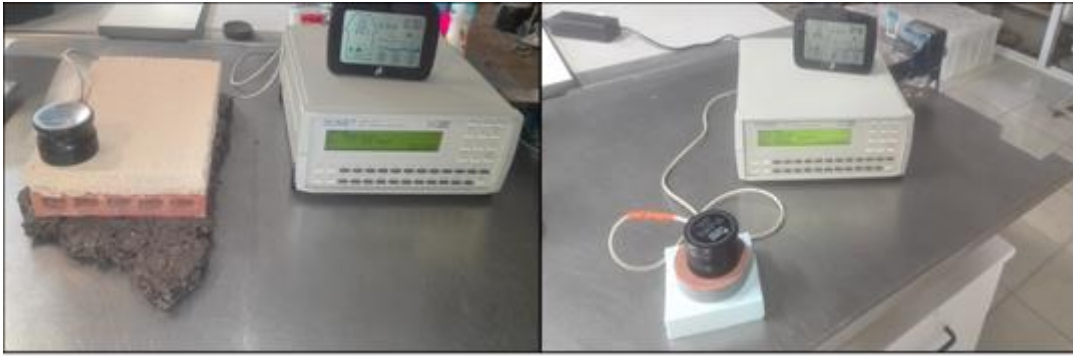


Figura 3.19 - Ensaio de condutibilidade térmica em provete de argamassa sobre tijolo e circular.

Dureza superficial por durómetro

O ensaio de dureza superficial realizou-se de acordo com a norma ASTM D224 (2000) nos provetes de argamassa sobre tijolo. Para determinar a dureza superficial das argamassas em estudo utilizou-se um durómetro PCE Shore A (Figura 3.20, à esquerda), que possui uma extremidade que ao ser pressionada contra a argamassa de reboco aplicada sobre o tijolo cerâmico, indica, através do movimento do ponteiro, numa escala de 0 a 100 Shore A (Figura 3.20, à direita), a resistência à penetração (Santos et al., 2017).

Antes do ensaio os provetes estavam na sala condicionada a 20 ± 2 °C e 65 ± 5 % de HR, foram retirados um a um e ensaiados. O ensaio consistiu basicamente em pressionar o durómetro sobre a superfície do provete e registar o valor obtido. O procedimento repetiu-se 12 vezes em cada provete. Como eram dois provetes de cada argamassa o valor médio resulta da média de 24 valores (Santos et al., 2018).



Figura 3.20 - Durómetro PCE Shore A (esquerda); medição da dureza superficial (direita).

Coesão superficial

O ensaio de coesão superficial realizou-se nos provetes de argamassa sobre tijolo. Este procedimento de ensaio não se encontra normalizado. No presente estudo o ensaio de coesão superficial realizou-se de acordo com o descrito por Faria et al. (2016) adaptado de campanhas anteriores (Drdácký et al., 2015) e ainda com base no descrito por (Vissac et al., 2017).

O procedimento de ensaio realizado consistiu em cortar e pesar, retângulos de 50 mm x 70 mm de fita-cola transparente (Tesa, extra power), colaram-se em 3 zonas distintas do provete e pressionaram-se com intensidade constante, colocando sobre a fita um pedaço de neoprene, com as mesmas dimensões, e sobre ele uma massa de 4 kg durante 1 minuto, sem tocar no provete. Ao fim de 1 minuto, retiraram-se os 4 kg, o neoprene e os pedaços de fita-cola e pesaram-se novamente. O aumento de peso da fita-cola expressa a perda de partículas da superfície da argamassa (Santos et al., 2019b). Os resultados de coesão superficial resultaram da média de 3 medições por cada provete, logo de 6 valores por argamassa. As pesagens deste ensaio realizaram-se com uma balança de precisão de 0,001 g (Santos et al., 2018a).

Resistência à abrasão

O ensaio de resistência à abrasão a seco realizou-se segundo o procedimento de ensaio descrito na norma DIN 18947 (DIN, 2013) com base em Santos & Faria (2015). Para medir a resistência à abrasão utilizou-se um disco redondo com uma escova rotativa de plástico com dureza média e com 65 mm de diâmetro. A escova é colocada na vertical, num aparelho próprio para exercer uma força constante, de contacto, com a superfície do provete de 20 N. A resistência à abrasão corresponde ao desgaste provocado na superfície do provete após 20 rotações da escova num período de tempo entre 15 e 25 segundos (Figura 3.21).

Apesar da norma indicar que se deve pesar o material desagregado do provete, o procedimento de ensaio realizado foi diferente (Santos et al., 2018a). No presente estudo, os provetes foram pesados antes e depois da abrasão e a perda de material foi determinada pela diferença de massa. O ensaio de abrasão foi realizado nos provetes de argamassa aplicada sobre tijolo. Utilizou-se um provete de cada argamassa e realizaram-se três medições, em três zonas distintas do provete, resultando assim os valores obtidos da média das três medições (Santos et al., 2018a).

O resultado do ensaio de resistência à abrasão resulta da média de três medições por provete de argamassa, expressa em gramas e arredondada a uma casa decimal.



Figura 3.21 - Ensaio de resistência à abrasão a seco.

Módulo de elasticidade dinâmico

A determinação do módulo de elasticidade dinâmico (E_d) realizou-se de acordo com a norma NP EN 14146 (IPQ, 2006), recorrendo ao método da ressonância forçada. Este ensaio realizou-se com os seis provetes prismáticos de cada argamassa, e tendo em conta os dados geométricos e a massa de cada um desses provetes.

Os provetes foram retirados da sala condicionada onde estavam estabilizados a 20 ± 2 °C e 65 ± 5 %. Colocou-se cada um deles, individualmente, no suporte do equipamento para realizar o ensaio, “ZEUS Resonance Meter” (ZRM 2005) (Figura 3.22). Um dos topos do provete ficou em contacto com o emissor de ultrassons enquanto o seu oposto ficou em contacto com o recetor. Inseriu-se a massa (g) e os parâmetros geométricos (mm) no programa de cálculo e deu-se início ao ensaio propriamente dito, recorrendo ao *software* do equipamento. Registaram-se as leituras do módulo de elasticidade. Como o equipamento da FCT-NOVA estava avariado na data do ensaio, este ensaio foi realizado no LNEC.

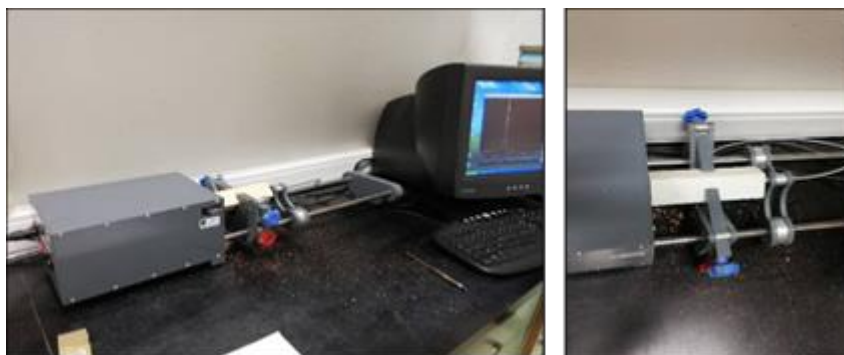


Figura 3.22 - Ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico.

Resistência à flexão e compressão

O ensaio de resistência à flexão e à compressão realizou-se de acordo com a norma EN 1015-11 (CEN, 1999) e após o ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico. O equipamento utilizado para a realização dos ensaios foi a máquina de tração universal Zwick Rowell Z050. Para a resistência à flexão foi utilizada a célula de carga pontual de 2 kN incrementada a uma velocidade de 0,2 mm/min. Para a resistência à compressão foi utilizada a célula de carga de 50 kN, incrementada a uma velocidade de 0,7 mm/min.

Para determinar a resistência à flexão, colocou-se o provete sobre os apoios, distanciados entre si de 100 mm. Ao colocar o provete houve o cuidado de colocar a face mais rugosa voltada para fora, ou seja, disposta lateralmente, para que a carga atue numa superfície lisa, evitando assim influência das irregularidades do provete sobre os resultados do ensaio. Foi necessário garantir a perpendicularidade entre o provete e a célula de carga. Cumpridos estes requisitos deu-se início ao ensaio (Figura 3.23, à esquerda).

O *software* apresenta como resultado um gráfico da força aplicada em função do tempo e regista a força máxima que provoca a rotura do provete.

Este ensaio realizou-se com os seis provetes prismáticos de cada argamassa utilizados para o ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico.

Segundo a norma EN 1015-11 (CEN, 1999), a resistência à tração por flexão R_t , em N/mm², é determinada através da equação (3.6):

$$R_t = 1,5 \times \frac{F_f \cdot l}{b \cdot d^2} \quad (3.6)$$

onde F_f é a força máxima aplicada (N), l é a distância entre apoios (100 mm), b e d são as dimensões dos lados da secção (neste caso quadrada) do provete (40 mm).

Do ensaio de resistência à flexão resultaram duas metades de cada provete; uma metade destinou-se ao ensaio de compressão e a outra, depois de cortada com as dimensões pretendidas, destinou-se ao ensaio de capilaridade e posteriormente ao ensaio de secagem.

O ensaio de resistência à compressão realizou-se, como acima descrito, com uma das metades de cada provete resultante do ensaio de resistência à tração por flexão. Colocou-se o provete entre os dispositivos preparados, mais uma vez a face rugosa disposta lateralmente para permitir que a carga atue numa face sem irregularidades e deu-se início ao ensaio de compressão (Figura 3.23, à direita). Registaram-se os valores da força aplicada em função do tempo e a força máxima que ocorre antes da rotura.

A resistência à compressão R_c em N/mm² determinou-se pelo quociente da força máxima de compressão (F_c , em N) pela área A da secção em que se aplica a carga (em mm²).



Figura 3.23 - Ensaio de resistência à flexão (esquerda) e à compressão (direita).

Aderência ao suporte

O ensaio de aderência ao suporte realizou-se de acordo com a norma EN 1015-12 (CEN, 2000). O ensaio de aderência ao suporte foi realizado nos provetes de argamassa aplicada sobre tijolo cerâmico. Os provetes foram cortados com a rebarbadora (Figura 3.24, à esquerda) à medida das pastilhas metálicas com 50 mm x 50 mm que foram coladas ao provete com cola (Ceys, Araldite rápido).

Para aplicar a força de arranque necessária para realizar o ensaio utilizou-se o mesmo equipamento utilizado nos ensaios de resistência à flexão e à compressão, a Zwick/Rowell Z050 com célula de carga de 50 kN incrementada a uma velocidade de 3 min/m (Figura 3.24, à direita). O equipamento foi preparado de modo a aplicar uma força de tração constante, perpendicular e sem choque, de modo a que a rotura ocorra entre os 20 e os 60 segundos.

A rotura pode acontecer de três formas distintas, consoante a zona onde ocorre, podendo classificar-se como rotura adesiva (perda de aderência entre a interface e o suporte), rotura coesiva (quando a rotura ocorre na camada de reboco ou no suporte); quando a rotura ocorre na interface entre a argamassa e a pastilha (zona de colagem) o resultado do ensaio é considerado nulo (CEN, 2000).

A norma define que devem ser descartados os provetes danificados garantindo no mínimo a média com cinco amostras, o que no presente estudo apenas foi possível no caso das argamassas G e T_E. Para as restantes argamassas não se conseguiu obter as cinco amostras devido a dificuldades na preparação das amostras: a argamassa destacou durante o corte ou ocorreu destacamento durante o aperto do parafuso, no início do ensaio.

Após a extração das amostras foram medidas as dimensões (duas vezes no comprimento e duas vezes na largura), feita a média do comprimento e largura de cada amostra, e determinada a área. Os resultados do ensaio para cada argamassa correspondem à média dos valores obtidos.

A tensão de aderência f_u (N/mm²) foi obtida pelo quociente da força de aderência F_u (N) pela área A (mm²).



Figura 3.24 - Corte dos provetes (esquerda); ensaio de aderência ao suporte (direita).

Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção de água por capilaridade realizou-se com base nas normas EN 15801 (CEN, 2009) e EN 1015-18 (CEN, 2002). De notar que, o ensaio de absorção de água por capilaridade não é um ensaio estudado correntemente para argamassas de terra, pois estas são aplicadas normalmente como reboco interior. No entanto, apesar de ser reboco interior, pode ocorrer ascensão de água por capilaridade a partir do solo ou do pavimento, e mesmo a partir da parede de suporte. Daí surge o interesse em compreender o comportamento deste tipo de argamassas nessas condições. No caso em estudo, também é necessária a realização do ensaio para comparar o comportamento das argamassas de terra face às argamassas de ligantes convencionais (gesso e cimento). Uma vez que o ensaio de absorção de água por capilaridade não está normalizado para argamassas de terra, foi necessário adaptá-lo, tendo-se seguido o procedimento definido por (Lima et al., 2020).

Os provetes utilizados para a realização deste ensaio foram as metades dos provetes prismáticos que resultaram do ensaio de resistência à tração por flexão e que não foram utilizadas no ensaio de resistência à compressão. Estas metades foram cortadas com 40 mm de altura, dando origem a provetes cúbicos com dimensões de 40 mm x 40 mm x 40 mm (Figura 3.25, à esquerda). O ensaio realizou-se na sala condicionada à temperatura de 20 ± 2 °C e HR de 65 ± 5 %.

Os provetes foram impermeabilizados nas faces laterais para garantir que a absorção de água por capilaridade ocorresse apenas através da face inferior e fosse unidirecional, evitando perdas pelas faces laterais. A impermeabilização foi feita com uma mistura de cera de abelha e pez de louro, numa proporção de 50 % por 50 % (Gomes et al., 2018). Como medida preventiva para evitar possíveis perdas de material, colocou-se na face inferior um tecido tipo tule. Para evitar que se desagregasse do provete, foi colado às laterais com a impermeabilização das faces laterais (Figura 3.25, ao centro). Para facilitar o manuseamento dos provetes durante o ensaio e devido à sua possível fragilidade face à água, foram utilizados uns cestos, com as laterais em PVC e com o fundo em rede metálica, segura por um elástico (Lima et al., 2020).

Para simular um ambiente húmido saturado durante a realização do ensaio utilizou-se uma caixa de plástico estanque (Figura 3.25, à direita). No interior da caixa foi colocado um tabuleiro metálico sobrelevado em relação ao fundo, usando para isso dois tijolos sobre os quais assenta o tabuleiro, preenchendo o restante espaço com água para criar ambiente saturado em humidade. No fundo do tabuleiro colocou-se um material esponjoso com cerca de 5 mm de espessura, adicionando água até essa camada de material esponjoso ficar saturada. De notar que o nível de água se manteve constante durante o decorrer do ensaio, não excedendo 1 mm acima da superfície superior da camada esponjosa, e a tampa da caixa manteve-se fechada nos intervalos entre pesagens.



Figura 3.25 - Provetes cortados (esquerda); impermeabilização (centro); ensaio a decorrer (direita).

O ensaio propriamente dito iniciou-se pesando os cestos, previamente colocados dentro da caixa e simulando o processo de pesagem de quando estiverem com os provetes para evitar introdução de alterações aquando das pesagens. Depois de pesados os provetes secos e os cestos humedecidos, colocou-se o provete no cesto e colocou-se o conjunto dentro da caixa. Este processo repetiu-se para todos os provetes, de todas as argamassas. Os provetes e os cestos foram previamente numerados de 1 até 6 e foram colocados por essa ordem dentro da caixa, uma vez que, devido à proximidade entre medições, foram colocados na caixa em tempos desfasados. No caso da argamassa T_{AP} apenas foram ensaiados cinco provetes, uma vez que durante o corte, um dos provetes se partiu.

Os intervalos de tempo entre pesagens foram ajustados devido ao comportamento das argamassas de terra face à presença de água. Para as argamassas de terra (T_E, T_{AP} e T+CL) e para a argamassa de gesso (G), as pesagens foram realizadas aos 1, 2, 5, 8, 12, 16, 20, 30, 60, 120, 180, 240, 300 e 420 minutos até à saturação dos provetes, ou seja, até a curva de absorção de água por capilaridade se encontrar num patamar de estabilização. A partir daí foram realizadas pesagens de 24 em 24 horas. Por se conhecer melhor o seu comportamento face à presença de água, para a argamassa de cimento (C) as pesagens iniciais foram realizadas apenas aos 5, 12, 20 minutos, seguindo depois os mesmos intervalos de pesagem que as outras argamassas, acima referidos. De referir que no momento da pesagem dos provetes, para retirar os pingos de

água em excesso, o cesto era colocado ligeiramente em contacto com um pano esponjoso humedecido. As pesagens foram feitas numa balança com precisão de 0,001 g.

Segundo a norma EN 15801 (CEN, 2009) o ensaio termina quando, entre duas pesagens sucessivas (24 h) a diferença de massa de água absorvida for inferior a 1 %. Caso essa condição não seja atingida o ensaio termina ao fim de 8 dias. Contudo, os provetes da argamassa de terra T_AP apenas estiveram dentro da caixa 210 minutos. Uma vez que começaram a apresentar sinais de deterioração, optou-se por terminar o ensaio.

O resultado do ensaio de absorção de água por capilaridade representou-se graficamente pela curva de absorção capilar, que expressa a quantidade de água absorvida por unidade de superfície, em função da raiz do tempo. A quantidade de água absorvida por unidade de superfície M (kg/m²), num determinado instante foi determinada através da equação (3.7):

$$M = \frac{m_i - m_0}{A} \quad (3.7)$$

onde m_i é a massa do provete no instante i (kg), m_0 é a massa do provete no instante inicial (kg) e A é a área do provete em contacto com a água (0,04 m x 0,04 m).

O coeficiente de capilaridade (CC, em kg/(m².s^{1/2})) representa o declive do segmento de reta obtido, através da regressão linear dos pontos do troço inicial da curva de absorção por capilaridade, através da equação: $y=mx+b$.

Para as argamassas de cimento e de gesso (C e G) o ensaio repetiu-se após os provetes serem pintados, já depois de realizado o ensaio de secagem (Figura 3.26, à direita).



Figura 3.26 - Ensaio T+CL (esquerda); ensaio C após pintura (direita).

Secagem

O ensaio de secagem teve início logo após terminar o ensaio de absorção de água por capilaridade, utilizando os mesmo provetes, agora saturados. O ensaio também decorreu em sala condicionada, com as mesmas condições de temperatura e HR. O ensaio realizou-se de acordo com a norma EN 16322 (CEN, 2013) e o procedimento definido por Lima et al. (2020).

Os provetes foram retirados da caixa onde estavam a realizar ensaio de absorção de água por capilaridade, foram retirados dos cestos e colocados em caixas de *Petri* (previamente pesadas). Depois de colocados nas caixas de *Petri* foram novamente pesados e colocados sobre a bancada (Figura 3.27).

Segundo a norma, durante a primeira hora de ensaio devem ser feitas pelo menos cinco pesagens em intervalos definidos. No presente estudo, os provetes foram pesados de 10 em 10 minutos durante a primeira hora. Posteriormente foram pesados de hora a hora durante 7 h. Nos dias seguintes as pesagens passaram a ser realizadas duas vezes por dia, com um intervalo mínimo de 6 h entre pesagens. Para pesar os provetes utilizou-se a mesma balança utilizada durante o ensaio de absorção de água por capilaridade.

A quantidade residual de água presente no provete num determinado instante por unidade de área num determinado instante i , M_i (kg/m²) foi determinada pela equação (3.8):

$$M_i = \frac{m_i - m_f}{A} \quad (3.8)$$

onde m_i é a massa do provete no instante i (kg), m_f é a massa final do provete (kg) e A é a área da face de secagem (m²).

O cálculo da taxa de secagem realizou-se na primeira fase de secagem (D_1) e na segunda fase de secagem (D_2). Segundo a norma EN 16322 (CEN, 2013), a taxa de secagem na primeira fase é a inclinação negativa da parte linear inicial da curva de secagem. Deve ser calculada por regressão linear, utilizando pelo menos 5 pontos sucessivos e alinhados. No presente estudo utilizaram-se os primeiros 16 pontos sucessivos e alinhados. A inclinação negativa da seção linear da curva de secagem, do gráfico que expressa a quantidade de água residual, M_i (kg/m²), em função da raiz quadrada do tempo ($h^{1/2}$), calculada por regressão linear, utilizando pelo menos 5 pontos sucessivos e alinhados, possibilitou determinar a D_2 . No presente estudo utilizaram-se para o cálculo 9 pontos sucessivos e alinhados.

De acordo com a norma EN 16322 (CEN, 2013) o índice de secagem é uma valiosa ajuda na caracterização das propriedades de secagem dos materiais que não exibem uma curva de secagem muito explícita, em termos de primeira e segunda fase de secagem. O índice de secagem ID (adimensional) calculou-se através da equação (3.9):

$$ID = \int_{t_i}^{t_f} \frac{M_t dt}{M_{max} t_f} \quad (3.9)$$

onde $M_t dt$ é o somatório da variação de M_i ao longo do tempo, M_{max} é a quantidade máxima de água residual e t_f é o tempo de duração do ensaio. Foi calculado para todas as argamassas para um t_f de aproximadamente 400 h. O cálculo do ID foi simplificado pela equação (3.10) (Grilo et al., 2014):

$$ID = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (t_i - t_{i-1}) \times \left(\frac{M_{t_{i-1}} + M_{t_i}}{2} \right)}{M_{max} \times t_f} \quad (3.10)$$

Também o ensaio de secagem foi repetido para as argamassas de cimento e de gesso (C e G) após terem sido pintados e se ter realizado o ensaio de absorção de água por capilaridade.



Figura 3.27 - Ensaio de secagem a decorrer na bancada da sala condicionada (G e T+CL).

Higroscopicidade

A higroscopicidade é a capacidade que as camadas de um material de construção têm de adsorver vapor de água do ambiente (Santos & Faria, 2015). No presente estudo, o ensaio de higroscopicidade serviu para avaliar a capacidade de adsorção e desadsorção de vapor de água dos rebocos, e realizou-se com os provetes planares, de dimensões 500 mm x 200 mm x 15 mm. O procedimento de ensaio para a adsorção de vapor de água seguiu o procedimento descrito na norma alemã, para rebocos de terra sem estabilizações, DIN 18947 (DIN, 2013), com pequenas alterações de acordo com Lima et al. (2020).

A capacidade higroscópica de um material é avaliada através da quantidade de água que o material consegue captar (ambiente húmido) ou libertar (ambiente seco) ao longo de um determinado período de tempo (Faria & Lima, 2018).

A norma DIN 18947 (DIN, 2013) define o ensaio com duração de 12 h (apenas a fase de adsorção de vapor de água, ou seja, a fase em que os materiais são sujeitos a ambiente com HR = 80 %). Contudo, por forma a compreender melhor o comportamento das argamassas, outros autores estendem o ensaio até às 24 h e posteriormente a uma fase de desadsorção, ou seja, ao processo inverso: após 24 h sujeitos a um ambiente húmido, os materiais são sujeitos a um ambiente seco (HR = 50 %), por mais 24 h. No presente estudo, adotou-se este procedimento que, apesar de não estar descrito na norma, já foi realizado e apresentado em estudos anteriores por outros autores (Faria & Lima, 2018; Lima & Faria, 2016; Lima et al., 2016c; Lima et al., 2020).

No presente estudo, os provetes foram pesados de acordo com os intervalos de tempo definidos pela norma, excluindo o primeiro (aos 30 minutos), porque a câmara climática demora cerca de 15 minutos a estabilizar e esse valor não seria o mais correto uma vez que existiam variações de temperatura e humidade relativa. (Lima et al., 2020; Santos et al., 2019a).

Os provetes planares foram mantidos nos moldes metálicos de modo a garantir que a adsorção e desadsorção de vapor de água ocorresse apenas pela face superior do provete. Os provetes foram colocados na câmara climática à temperatura de 23 °C e 50 % de HR, durante 24 h para estabilizar. Após essas 24 h,

com os provetes já estabilizados, foram pesados e iniciou-se o ensaio propriamente dito (Figura 3.28, à esquerda). A fase de adsorção de vapor de água iniciou-se mantendo a temperatura e aumentando a HR para 80 %. Pesaram-se os provetes 1, 3, 6, e 12 h após o início do ensaio. Após a pesagem das 24 h iniciou-se a fase de desadsorção de vapor de água, mantendo a temperatura nos 23 °C e baixando a HR novamente para 50 %, ou seja, fazendo o procedimento inverso, tal como acima descrito. Realizaram-se novamente pesagens ao fim de 1, 3, 6, 12 e 24 h após o início da fase de desadsorção. Os provetes foram pesados numa balança com precisão de 0,1 g.

Tal como no ensaio de absorção de água por capilaridade e de secagem, também o ensaio de higroscopicidade foi realizado novamente nos rebocos de cimento (C) e de gesso (G) com os provetes pintados (Figura 3.28, à direita).



Figura 3.28 - Ensaio de higroscopicidade: T_E, T_AP e T+CL (esquerda) e C e G pintadas (direita).

Absorção de água sob baixa pressão - Tubos de *Karsten*

O ensaio de absorção de água sob baixa pressão através dos tubos de *Karsten* consiste em medir a quantidade de água absorvida pelos rebocos, durante um determinado período de tempo (Santos et al., 2017b). Este ensaio realizou-se de acordo com a norma EN 16302 (CEN, 2013) mas sem manter a altura de água constante.

O ensaio pode realizar-se por dois métodos, dependendo da orientação da superfície. No presente estudo, o ensaio realizou-se nos provetes sobre tijolo, ou seja, com a superfície horizontal. Para a realização do ensaio utilizaram-se tubos de *Karsten*, tubos de vidro normalizados, graduados numa escala de 0,0 a 4,0 ml e com uma determinada área de contacto de água como a argamassa em estudo.

A superfície de ensaio deve ser suficientemente plana e homogénea, sem apresentar fissuras visíveis. Foram realizadas três medições em cada provete; para cada argamassa foi utilizado um provete de aplicação de argamassa sobre suporte.

O ensaio propriamente dito consiste em fixar e selar o tubo de *Karsten* à superfície utilizando um material vedante, capaz de impedir a saída de água, e removível sem causar danos (Figura 3.29). No presente estudo, o material utilizado foi plasticina. O tubo foi cheio até ao nível zero, ou seja, com 40 ml de água, e nesse momento iniciou-se o cronómetro. A alteração do nível de água foi registada de 10 em 10 segundos até ao primeiro minuto, posteriormente, as leituras foram realizadas de minuto a minuto até aos primeiros 10 minutos de ensaio, depois fizeram-se leituras a cada cinco minutos até ao fim do ensaio. Se ao fim de 1 hora o valor não for constante, o ensaio deve ser dado como terminado e anota-se a quantidade de água absorvida. Sempre que, no decorrer do ensaio, o nível de água atingia os 40 ml, voltava a encher-se o tubo até ao nível zero e prosseguia-se o ensaio. Antes de iniciar o ensaio mediu-se o diâmetro do tubo, por forma a calcular a área de seção de água em contacto com a superfície da argamassa.

Devido à fragilidade das argamassas de terra face ao contacto com a água, o ensaio para as argamassas T_AP e T_E terminou ao fim de 10 e 15 minutos, respetivamente. O provete entrou em plasticidade e acabou por soltar o material vedante, deixando sair toda a água. Os valores obtidos neste caso foram a quantidade de água absorvida até ao instante em que se deu por terminado o ensaio. As argamassas T+CL, C e G terminaram o ensaio ao fim de 1 h.

A quantidade de água absorvida sob baixa pressão, através dos tubos do *Karsten*, a cada instante de tempo W_i (ml/cm²), foi obtida pelo quociente da quantidade de água absorvida Q_t nesse instante (ml) e a área A do ensaio (cm²).



Figura 3.29 - Ensaio de absorção de água sob baixa pressão por tubos de *Karsten* na argamassa T+CL.

Permeabilidade ao vapor de água

O ensaio de permeabilidade ao vapor de água consiste em determinar o fluxo de vapor de água que, em regime permanente, atravessa um provete. O ensaio realizou-se de acordo com as normas EN 1015-19 (IPQ, 2000), ISO 12572 (ISO, 2001) e EN 15803 (CEN, 2009). Existem dois métodos para realizar o ensaio: o método da cápsula seca e o método da cápsula húmida. No presente estudo o método utilizado foi o método da cápsula seca.

O ensaio de permeabilidade ao vapor de água realizou-se com os provetes circulares com 90 mm de diâmetro e 20 mm de espessura. As cápsulas utilizadas durante o ensaio são de alumínio e apresentam um formato normalizado para provetes cilíndricos. A preparação dos provetes para o ensaio consistiu em colocar no fundo da cápsula uma camada com cerca de 15 mm de solução nitrato de magnésio (53 % de humidade relativa a 23 °C) (Figura 3.30, à esquerda), depois colocaram-se os provetes previamente pesados, ficando uma camada de ar entre a solução e o provete. Selaram-se as juntas com um material vedante (silicone) (Figura 3.30, ao centro). De seguida, colocou-se um anel de plástico com diâmetro interno de 75 mm (Figura 3.30, à direita).



Figura 3.30 - Nitrato de magnésio (esquerda); colocação de vedante (centro); provetes prontos (direita).

Para a criação do ambiente necessário utilizou-se uma câmara climatizada a 23 °C e 50 % de HR e estanque (Figura 3.31). As condições climáticas foram monitorizadas ao longo do ensaio com um termo higrómetro colocado no interior da câmara juntamente com os provetes. No fundo da câmara foram colocados tabuleiros com uma solução de nitrato de potássio (94 % humidade relativa a 23 °C). O conjunto das cápsulas com os provetes colocou-se sobre uma grelha em cima dos tabuleiros.



Figura 3.31 - Câmara com ensaio de permeabilidade ao vapor de água a decorrer.

As pesagens das cápsulas foram realizadas com a cápsula suspensa num fio, seguro à cápsula por uma estrutura de arames metálicos própria. Utilizou-se uma balança de 0,001 g de precisão. Após colocação dos provetes foi efetuada a primeira pesagem do conjunto; posteriormente, foi efetuada uma pesagem 96 h após o início do ensaio (entre o início e as 96 h considerou-se tempo de estabilização); depois às 168 h e a partir daí de 24 em 24 h até ao fim do ensaio. O ensaio foi dado como terminado quando a diferença entre duas pesagens sucessivas (em 24 h) não foi maior que 0,1 % da massa da amostra.

A alteração de massa entre pesagens foi calculada através da equação (3.11):

$$|\Delta m_f| = m_f - m_0 \quad (3.11)$$

onde m_f e m_0 são, respetivamente, a massa do provete no instante da pesagem e no instante inicial, (kg).

A inclinação linear da curva que representa a variação de massa em função do tempo (G), foi calculada por regressão linear (usando os cinco pontos sucessivos e alinhados), em kg/s através da equação (3.12):

$$G = \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (3.12)$$

onde Δm e Δt são a variação de massa e a variação do tempo, respetivamente.

A densidade de vazão de vapor de água (g) foi calculada em função da inclinação linear (G) e da área (A, em m²), através da equação (3.13):

$$g = \frac{G}{A} \quad (3.13)$$

A permeabilidade ao vapor de água (W_p , em kg/(s.m².Pa)) foi calculada através da equação (3.14):

$$W_p = \frac{G}{A \times \Delta p_v} \quad (3.14)$$

onde Δp_v é calculado com base na média da temperatura e da humidade relativa medidas durante o ensaio.

Assim, $\Delta p_v = P_{v,sat}(19^\circ C) \times \left(\frac{93-58}{100}\right)$, sendo 93 % e 58 % as humidades relativas medidas durante o ensaio e

$P_{v,sat}(19^\circ C) = 2198 \text{ Pa}$.

A permeabilidade ao vapor de água (δ_p , em kg/m.s.Pa) foi calculada através da equação (3.15):

$$\delta_p = W_p \times e \quad (3.15)$$

onde e é a espessura (m), sendo o resultado da média de 3 medições.

O coeficiente de resistência à difusão do vapor de água (μ) foi calculado através da equação (3.16):

$$\mu = \frac{\delta_a}{\delta_p} \quad (3.16)$$

onde δ_a é a permeabilidade do ar ($1,94 \times 10^{-10}$ kg/m.s. Pa).

A espessura da camada de ar equivalente à difusão de vapor de água (δ_d , em m) foi calculada através da equação (3.17):

$$\delta_d = \mu \times e \quad (3.17)$$

4. Apresentação e discussão de resultados

4.1. Materiais

4.1.1. Baridade

Os resultados obtidos no ensaio de baridade dos materiais constituintes das argamassas e dos produtos pré-doseados de argamassas (Quadro 4.1) resultam da média dos resultados obtidos nos 3 ensaios realizados para cada material/produto pré-doseado. Os valores das medições que deram origem a estes resultados finais encontram-se no Anexo A.2.

Quadro 4.1 - Baridade dos materiais e produtos pré-doseados das argamassas.

Material	Baridade (kg/dm ³)
TAV	1,36 ± 0,01
TAA	1,20 ± 0,00
AF	1,38 ± 0,00
AG	1,61 ± 0,00
PC	1,37 ± 0,02
T_E	1,40 ± 0,01
C	1,50 ± 0,00
G	0,81 ± 0,01

Comparativamente com estudos realizados com outros lotes de argamassa pré-doseada comercializada pela empresa Embarro, no presente estudo o valor obtido (1,40 kg/dm³) foi inferior ao obtido por Santos et al. (2019b) e por Santos et al. (2017a), que registaram valores de 1,77 kg/dm³ e 1,54 kg/dm³, respetivamente. Faria et al. (2016) obteve valor inferior (1,17 kg/dm³) ao obtido no presente estudo. A diferença pode justificar-se pela terra utilizada, embora proveniente do mesmo barreiro, ser um material natural e, como tal, com variações de zona para zona; logo com variações de lote para lote.

O produto pré doseado com base em gesso apresenta uma baridade significativamente mais baixa que os restantes produtos pré doseados e materiais em estudo.

4.1.2. Análise granulométrica, sedimentação e densidade das partículas

Os resultados obtidos no ensaio de análise granulométrica por via húmida, seguidos do ensaio de sedimentação, para o produto pré-doseado da argamassa T_E, para as argilas amarela (TAA) e avermelhada (TAV) e para o pó calcário (PC) são apresentados juntamente com os resultados obtidos pelo ensaio de análise granulométrica por via seca realizado para a areia branca (AF) e para a areia de rio (AG) (Figura 4.1).

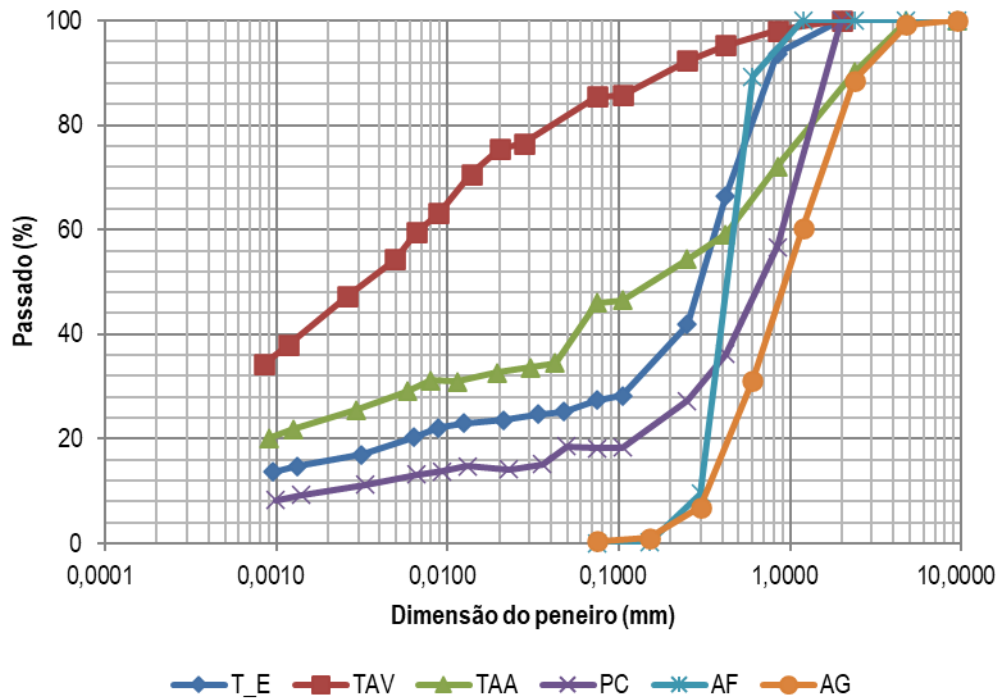


Figura 4.1 - Curvas de análise granulométrica e de sedimentação.

Para o caso da argamassa pré-doseada de cimento C, a ficha técnica do produtor (Anexo A.1.), segundo a norma EN 1015-1 (CEN, 1998), indica que o produto apresenta granulometria inferior a 1,2 mm. No que respeita à argamassa pré-doseada com base em gesso, a ficha técnica do produtor (Anexo A.1) não apresenta qualquer informação acerca da granulometria do produto e o mesmo acontece para a massa de acabamento.

Outros autores que utilizaram argamassa pré-doseada de terra semelhante à T_E, comercializada pela mesma empresa, mas de diferentes lotes, realizaram análise granulométrica para argamassa T_E por via seca (Santos et al., 2019b), não sendo por isso comparável com os resultados obtidos no presente estudo.

Os resultados obtidos no ensaio de densidade das partículas resultam da média dos resultados de dois picnómetros para cada material ensaiado. No caso da argila amarela (TAA) pensa-se ter ocorrido um erro num dos picnómetros e o valor apresentado resulta apenas do registado para um picnómetro. A norma NP 83 (IPQ, 1965) define 2,65 como valor de referência para areias siliciosas. No presente estudo, os resultados obtidos foram: 2,66 (TAA), 2,68 (TAV), 2,72 (PC) e 2,73 (T_E). Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

4.2. Argamassas no estado fresco

4.2.1. Teor de água

O teor de água adicionada nas amassaduras, tal como referido anteriormente, foi definido por um aplicador experiente com base no seu conhecimento empírico. No caso da argamassa T_E o teor de água adicionado foi inferior a 20 % valor indicado pela ficha técnica do produtor (Anexo A.1.), e utilizado por outros autores em campanhas anteriores (Faria et al., 2016; Santos et al., 2019b; Santos et al., 2017a). Para a argamassa de cimento o teor de água adicionado foi 15 %, valor indicado na ficha técnica do produtor (Anexo A.1.). Para as restantes argamassas não existia indicação por parte do produtor da quantidade de água a adicionar.

A diferença de valores entre as argamassas está relacionada com as diferentes quantidades de água adicionadas na amassadura. Tal como já foi referido, no presente estudo, a quantidade de água adicionada foi definida de modo a obter uma boa trabalhabilidade das argamassas, reproduzindo o mais possível o processo realizado em obra (Santos et al., 2019a). Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Quadro 4.2 - Resultados dos ensaios de caracterização no estado fresco.

Argamassa	Teor de água (%)	Consistência por espalhamento (mm)	Abaixamento por espalhamento (mm)	Consistência por penetrómetro (cm)	Massa volúmica (kg/dm ³)
T_E	14,53 ± 0,16	124,8 ± 7,5	3,5 ± 0,1	0,65 ± 0,21	2,03 ± 0,02
T_AP	9,35 ± 0,41	135,8 ± 18,6	4,3 ± 0,0	0,85 ± 0,49	1,56 ± 0,06
T+CL	20,06 ± 0,34	152,9 ± 1,2	2,2 ± 0,1	1,70 ± 0,00	1,99 ± 0,02
C	14,45 ± 2,42	138,3 ± 13,9	2,3 ± 0,1	0,75 ± 0,07	1,90 ± 0,00
G	43,05 ± 0,98	-	-	2,2 ± 0,0	1,58 ± 0,05

4.2.2. Consistência por espalhamento

Os resultados obtidos no ensaio de consistência por espalhamento (Quadro 4.2) foram obtidos pela média das medições realizadas na amostra de argamassa. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Os valores de consistência por espalhamento obtidos são proporcionais aos teores de água adicionados; o teor de água adicionado foi o necessário para alcançar uma boa trabalhabilidade (Santos et al., 2019a).

A norma DIN 18947 (DIN, 2013) define que uma argamassa de terra não estabilizada no estado fresco deve ter uma consistência por espalhamento de 175±5 mm. Todas as argamassas ensaiadas apresentam valores inferiores ao definido pela norma DIN 18947 (DIN, 2013). No entanto, o aplicador experimentado considerou que todas estavam com trabalhabilidade adequada à sua aplicação em rebocos. Tal como já foi referido, a quantidade de água foi definida pela experiência do aplicador, de modo a obter uma boa trabalhabilidade.

Uma argamassa de outro lote da argamassa pré-doseada T_E estudada anteriormente com teor de água de 20 % (enquanto no presente estudo era de aproximadamente 15 %), apresentou valores de

consistência por espalhamento acima do definido pela norma (178,8 mm) quando estudada por Santos et al. (2019b) e por Faria et al. (2016). Contudo, quando estudada por Santos et al. (2017a) com igual teor de água obteve valores abaixo do definido pela norma (161,5 mm), mas acima do obtido no presente estudo.

A argamassa de terra e cal (T+CL) apresentou 152,9 mm de consistência por espalhamento, valor próximo dos obtidos por Faria (2016) para argamassas de cal, areia e terra (em diferentes proporções volumétricas), que variam entre 147 mm e 155 mm, consoante a proporção volumétrica. Como para a argamassa em estudo não são conhecidas as proporções volumétricas de terra e cal da argamassas T+CL, não é possível fazer uma comparação mais precisa. .

4.2.3. Abaixamento por espalhamento

Os resultados obtidos no ensaio de abaixamento por espalhamento (Quadro 4.2), realizado após o ensaio de consistência por espalhamento, foram obtidos da média de 2 ensaios por argamassa, à exceção da argamassa T_AP para a qual só se realizou um ensaio. Analisando os valores de abaixamento por espalhamento para as argamassas em estudo pode concluir-se que apresentam baixos valores de abaixamento por espalhamento, o que era esperado, uma vez que são proporcionais aos obtidos para o ensaio de consistência por espalhamento que também foram baixos, o que, tal como acima referido, se pode explicar pelo teor de água adicionado.

Comparativamente com estudos anteriores para a argamassa T_E, os resultados obtidos (3,5 mm) foram bastante inferiores aos obtidos por Faria et al. (2016) (14,2 mm), o que, pode ser explicado pela diferença de teor de água adicionado, que em estudos anteriores foi de 20 % enquanto no presente estudo foi de 15 %.

Como não se realizou o ensaio de consistência por espalhamento para a argamassa de gesso também não se realizou o ensaio de abaixamento por espalhamento.

4.2.4. Consistência por penetrómetro

Os resultados do ensaio de consistência por penetrómetro (Quadro 4.2) resultam da média de 2 ensaios para cada argamassa. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Os resultados obtidos para as argamassas T_E, T_AP e C encontram-se dentro da mesma gama de valores, enquanto para as argamassas T+CL e G são significativamente superiores, o que faz sentido, uma vez que o teor de água adicionado nestas argamassas também foi superior. Os valores obtidos são proporcionais aos obtidos para a consistência por espalhamento.

A argamassa T_E apresenta valores bastante superiores aos obtidos por Faria et al. (2016), 2,4 mm, que . podem explicar-se pela diferença entre lotes de argamassa e pelo teor de água adicionado que no presente estudo foi inferior ao adicionado em campanhas anteriores.

4.2.5. Massa volúmica fresca

Os resultados do ensaio de massa volúmica no estado fresco apresentados (Quadro 4.2) resultam da média de 2 ensaios realizados para cada argamassa. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

A norma DIN 18947 (DIN, 2013) define que as argamassas de terra no estado fresco devem apresentar a massa volúmica superior a $1,2 \text{ kg/dm}^3$. As argamassas de terra, sem estabilização, em estudo apresentam valor superior, cumprindo assim o requisito da norma.

Contrariamente ao que se verificou nos restantes ensaios de caracterização no estado fresco, no que respeita à massa volúmica os resultados obtidos para a argamassa T_E, apesar da diferença de teor de água e de lote, foram iguais aos obtidos em campanhas anteriores (Faria, 2016; Santos et al., 2019b), $2,03 \text{ kg/dm}^3$.

O baixo valor de massa volúmica apresentado pela argamassa G pode explicar-se com o baixo valor de baridade do produto pré-doseado.

4.3. Estado endurecido

A caracterização das argamassas no estado endurecido iniciou-se decorrido o tempo de cura dos provetes. Tal como referido, a argamassa de terra e cal T+CL foi ensaiada com idade superior às restantes argamassas para se dar tempo à reação de carbonatação que é uma reação lenta. A idade dos provetes aquando da realização de cada ensaio encontra-se no Quadro 3.4. Tal como referido, antes da realização dos ensaios de caracterização no estado endurecido os provetes estiveram pelo menos sete dias na câmara climática (sala condicionada) a estabilizar com condições de temperatura de $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ e humidade relativa de $65 \pm 5 \text{ } \%$.

Após o desmolde observou-se que os provetes de argamassa de cimento (Figura 4.2, à esquerda) apresentam muitos vazios, pelo que se pensa possam ter sido mal compactados. Este volume de vazios pode ter influência nos resultados obtidos em alguns ensaios que envolvam os provetes prismáticos. No que toca à argamassa T_AP (Figura 4.2, à direita) observou-se que em três dos seis provetes existe clara separação entre as duas camadas de compactação, o que também pode ter influência em alguns resultados apresentados.

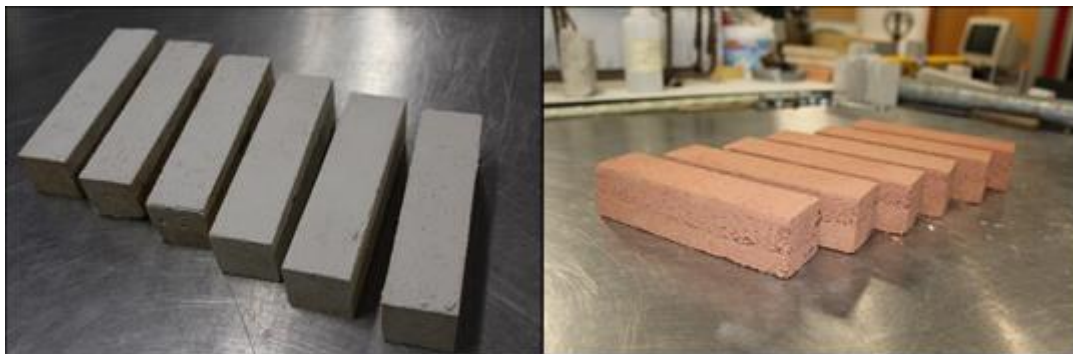


Figura 4.2 - Provetes prismáticos de C (esquerda) e de T_AP (direita).

4.3.1. Retração linear e volumétrica por secagem

A retração é uma característica importante no desempenho de rebocos de terra, a formação excessiva de fissuras tem um impacto negativo na durabilidade dos rebocos (Ashour & Wu, 2010). Os rebocos de terra, sem estabilização estudados não apresentavam sinais de fissuração.

Segundo a norma DIN 18947 (DIN, 2013) os resultados finais para cada argamassa devem resultar da média dos prismas e devem ser arredondados a 1 casa decimal. A norma define que o valor da retração linear por secagem não deve ser superior a 2 %; se a argamassa tiver fibras, o valor pode chegar aos 3 % (Santos & Faria, 2015). Os resultados obtidos para a retração linear e volumétrica apresentados (Quadro 4.3) mostram que os valores são inferiores a 3 %. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Quadro 4.3 - Resultados do ensaio de retração linear e volumétrica por secagem.

Argamassa	Retração linear (%)	Retração volumétrica (%)
T_E	0,2±0,1	0,4±0,1
T_AP	0,1±0,0	0,3±0,1
T+CL	1,4±0,8	2,9±1,0
C	0,1±0,1	0,3±0,1
G	0,2±0,1	0,4±0,1

Em termos de retração linear e volumétrica por secagem, o comportamento das argamassas de terra sem estabilização e das argamassas com base em ligantes convencionais são semelhantes, sendo a retração bastante superior para a argamassa de terra e cal aérea.

Os valores obtidos para o ensaio de retração linear e volumétrica por secagem obtidos em campanhas anteriores com argamassas de terra (pré-doseadas e formuladas) (Delinière et al., 2014; Gomes et al., 2019; Lima et al., 2016a; Santos et al., 2019b) variam entre 0 e 2,5 %, ou seja, valores inferiores aos definidos pela norma alemã. O tipo de argila é um dos fatores que pode influenciar este parâmetro, também o teor de água adicionado pode influenciar esta característica das argamassas. As argamassas de terra T_E e T_AP estudadas apresentam baixos valores de retração linear e volumétrica.

A argamassa de gesso em estudo apresenta valor de retração linear bastante inferior à apresentada por Lima et al. (2016b), 0,53 %.

No que respeita a argamassas de terra com adição de ligantes (cal aérea, cal hidráulica, cimento natural e cimento Portland), Gomes et al. (2019) obteve valores de retração inferiores a 2 %. No presente estudo a argamassa de terra e cal (Figura 4.3) foi a que apresentou maior retração linear e volumétrica, sendo o valor de retração linear semelhante ao obtido por Gomes et al. (2019), mas o valor de retração volumétrica obtido foi significativamente inferior ao obtidos por Gomes et al. (2019), em que uma argamassa de terra com adição de cal aérea teve retração de 6,21 %.

A diferença tão significativa em termos de retração linear e volumétrica por secagem entre as argamassas de terra sem estabilização e a argamassa T+CL podem dever-se ao tipo de argila presente ou à adição de cal em pasta. Para perceber se a adição de cal em pasta aumenta a retração da argamassa seria

necessário ter analisado a argamassa T+CL com a mesma argila e restantes constituintes com e sem adição de pasta de cal, o que não foi possível por ser uma argamassa pré-doseada.



Figura 4.3 - Provete prismático de argamassa T+CL, antes do desmolde, com visível retração.

4.3.2. Massa volúmica aparente

A norma DIN 18947 (DIN, 2013) classifica as argamassas de terra, sem estabilização, em classes de massa volúmica. Os resultados do ensaio de massa volúmica, em kg/dm^3 (Quadro 4.4), resultam da média das dimensões médias dos 6 provetes prismáticos. A norma define que os resultados finais devem ser arredondados a 2 casas decimais. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Analisando os valores de massa volúmica aparente obtidos para as argamassas em estudo (Quadro 4.4) pode concluir-se que as argamassas em estudo apresentam massa volúmica aparente semelhante à exceção da argamassa G que apresenta valor inferior. Os resultados do ensaio de determinação da baridade dos materiais e dos produtos pré-doseados secos podem explicar estes resultados, uma vez que os resultados obtidos foram semelhantes para todas as argamassas à exceção da argamassa de gesso que apresenta valor de baridade inferior aos restantes (Santos et al., 2019).

A argamassa de terra T_E é a que apresenta valor mais elevado e pertence à classe de massa volúmica 2,0 na classificação da norma DIN 18947 (DIN, 2013). Pelo contrário a argamassa G é a que apresenta menor massa volúmica aparente, inferior ao obtido por Lima et al. (2016b), $1,72 \text{ kg/dm}^3$ para uma argamassa de gesso SIVAL.

As restantes três argamassas (T_AP, T+CL, e C) apresentam valores bastante semelhantes. A argamassa T_AP pertence à classe 1,8 na classificação da norma DIN 18947 (DIN, 2013). A argamassa C apresenta valor superior ao indicado na ficha técnica do produtor (Anexo A.1.), $1,65 \text{ kg/dm}^3$. A argamassa T+CL apresenta valores muito semelhantes aos obtidos por Gomes et al. (2018), para argamassas de terra com adição de cal.

Quadro 4.4 - Resultados de massa volúmica e classificação pela norma DIN 18947 (DIN, 2013).

Argamassa	Massa volúmica aparente (kg/dm ³)	Classe de massa volúmica
T_E	1,82 ± 0,02	2,0
T_AP	1,77 ± 0,04	1,8
T+CL	1,78 ± 0,07	1,8
C	1,79 ± 0,01	1,8
G	1,22 ± 0,03	1,4

Comparando os valores de massa volúmica aparente com os valores de massa volúmica no estado fresco observa-se que apenas a argamassa T_AP apresenta valor mais elevado para massa volúmica aparente, apresentando no estado fresco valor semelhante ao da argamassa de gesso e valor de massa volúmica aparente semelhante ao das argamassas T+CL e G.

4.3.3. Condutibilidade térmica

Os resultados obtidos resultam da média de 3 medições em cada provete circular, ou seja, 9 valores e no caso dos provetes de aplicação sobre tijolo resultam da média de 6 medições por provete, logo numa média de 12 valores para cada argamassa. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Os resultados do ensaio de condutibilidade térmica nos provetes com tijolo e nos provetes circulares (Figura 4.4), realizados em condições de temperatura entre os 19,1 e 20,6 °C e HR entre 57 e 66 %, mostram que os resultados obtidos para cada argamassa são semelhantes para os dois tipos de provetes ensaiados.

As argamassas de terra T_E e T_AP apresentam valores de condutibilidade térmica semelhantes, superiores às restantes argamassas. Estas argamassas apresentam valores de condutibilidade térmica semelhantes aos obtidos por Lima et al. (2016c), entre 1,00 e 1,25 W/(m.K).

A argamassa de gesso é a que apresenta menor valor de condutibilidade térmica, o que pode dever-se ao menor valor de massa volúmica aparente, que parece influenciar a condutibilidade térmica das argamassas. Os valores de condutibilidade térmica, são semelhantes para as argamassas T+Cl e C. A argamassa T+Cl obteve valores de condutibilidade térmica semelhantes aos obtidos por Faria (2016), entre 0,69 e 0,77 W/(m.K) para argamassas de terra e cal. No caso da argamassa de cimento, estes são superiores aos indicados pelo produtor na ficha técnica (Anexo A.1.), 0,61 W/(m.K).

Comparativamente com os valores obtidos por Faria et al. (2016), entre 0,80 e 1,00 W/(m.K), a argamassa T_E apresentou valores superiores aos obtidos anteriormente, o que pode mais uma vez explicar-se pela diferença de teor de água e por serem argamassas de lotes de produto diferentes. Por outro lado, a argamassa G obteve valores consideravelmente inferiores aos obtidos por Lima et al. (2016b), 0,93 W/(m.K).

A diferença de valores, embora pouco significativa, entre os provetes circulares e os provetes de aplicação sobre tijolo pode explicar-se pela influência do suporte nas características da argamassa (Santos et al., 2019a). À exceção da argamassa T_E, a condutibilidade térmica é ligeiramente superior nos provetes de aplicação de argamassas sobre tijolo.

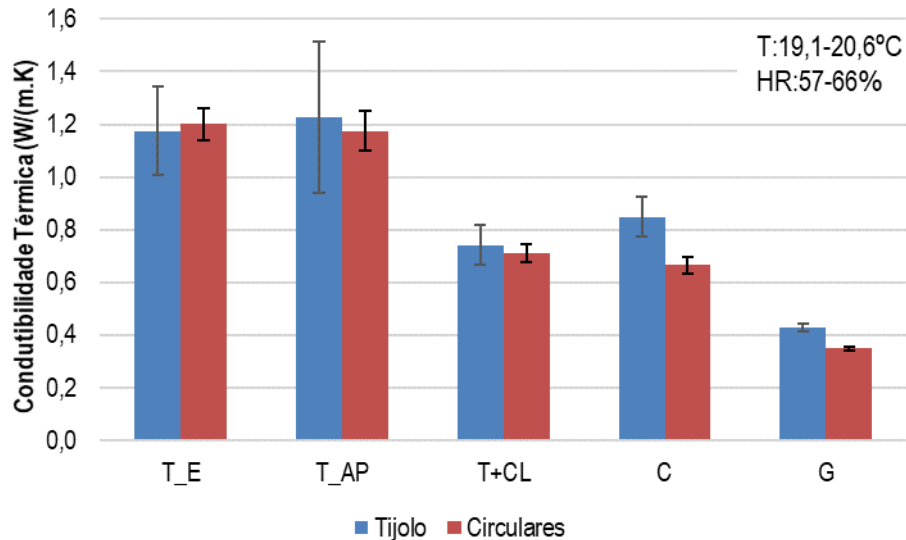


Figura 4.4 - Resultados do ensaio de condutibilidade térmica.

Com base nos valores obtidos neste ensaio é possível concluir que a argamassa de gesso apresenta menor condutibilidade térmica sendo, por isso, a argamassa com melhores propriedades térmicas. Como esta propriedade é função da espessura dividida pela condutibilidade térmica, quanto menor for esta propriedade, para uma mesma espessura de material, maior será a resistência do material ao atravessamento de calor. Contrariamente, as argamassas de terra analisadas são as que apresentam pior comportamento térmico.

4.3.4. Dureza superficial por durómetro

Os resultados do ensaio de dureza superficial por durómetro (Shore A) (Figura 4.5) variam entre 81 e 96 Shore A. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

A argamassa G é a que apresenta maior dureza superficial, enquanto a argamassa T+CL é a que apresenta menor dureza superficial. Parece que a adição de cal não melhora a dureza superficial da argamassa. Note-se que não é possível comparar argamassas com a mesma terra argilosa, sem e com cal, nem é conhecido o teor de cal aérea presente na argamassa T+CL. Tal como esperado, as argamassas com base em ligantes convencionais (C e G) apresentam maior dureza superficial que as argamassas de terra.

As argamassas de terra (T_E e T_AP) apresentam valor de dureza superficial por durómetro superior ao obtido por Santos et al. (2017b) para argamassas de terra sem estabilização. À semelhança dos resultados obtidos por Santos et al. (2017b) para argamassa de terra aditivada com cal aérea, também no presente estudo a argamassa T+CL apresenta menor dureza superficial por durómetro que as argamassas de terra sem estabilização.

A argamassa C apresenta valor de dureza superficial por durómetro superior ao obtido por Malanho & Veiga (2010), entre 83 e 87.

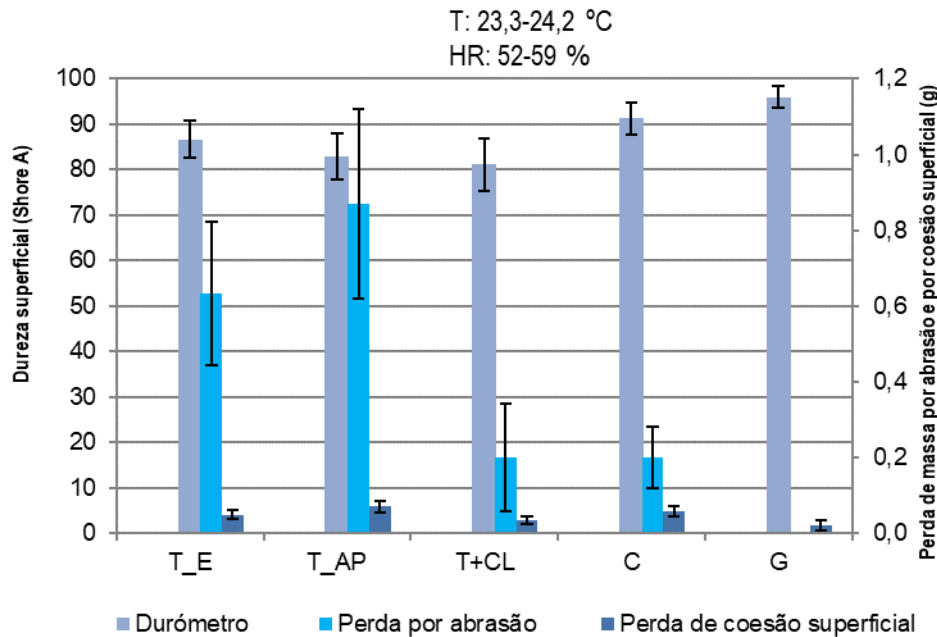


Figura 4.5 - Resultados dos ensaios de dureza superficial, perda por coesão superficial e abrasão.

4.3.5. Coesão superficial

Os resultados obtidos no ensaio de coesão superficial, expressos em g (Figura 4.5), resultam da média de 3 medições em cada provete, logo de 6 valores por argamassa. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Em termos de coesão superficial todas as argamassas apresentam valores semelhantes, com perda de massa por abrasão inferior a 0,1 g. A argamassa T_AP é a que apresenta maior perda de material por coesão; pelo contrário a argamassa de G apresenta perda por coesão superficial muito reduzida. Apesar do baixo valor de perda por coesão superficial, a argamassa G apresentou no presente estudo valor superior ao obtido anteriormente por Lima et al. (2016b), com perda por coesão inferior a 0,01 g. Também as argamassa T_E e T_AP apresentam valores de perda por coesão superficial superiores aos obtidos por Lima et al. (2016a; 2016b) que, em campanhas anteriores para argamassas de terra sem estabilização, obtiveram valores inferiores a 0,02 g.

A argamassa T+CL apresenta valores de perda por coesão superficial semelhantes aos obtidos por Santos et al. (2017b) para argamassas de terra e cal.

Contrariamente ao ensaio de dureza superficial, neste ensaio a adição de cal parece melhorar a coesão da superfície das argamassas de terra. Contudo esta conclusão não se pode retirar totalmente, uma vez que não foi possível comparar esta argamassa, com e sem adição de pasta de cal, nem é conhecido o teor de cal aérea que contém. Não era esperado que a perda de coesão superficial da argamassa de cimento fosse superior à perda por coesão superficial de uma argamassa de terra, como sucedeu no caso da T_E.

4.3.6. Resistência à abrasão

Os resultados obtidos no ensaio de resistência à abrasão (Figura 4.5), expressos em g, resultam da média de 3 medições por argamassa. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Tal como esperado as argamassas de terra são as que apresentam maior perda por abrasão, sendo a argamassa T_{AP} a que apresenta maior perda. As argamassas T+CL e C apresentam resistência à abrasão muito semelhante. A adição de cal parece melhorar a resistência em termos de abrasão das argamassas de terra, mas não se pode afirmar este facto com certeza pois esta argamassa não foi ensaiada com e sem adição de pasta de cal. A argamassa de gesso não apresenta qualquer perda de massa por abrasão. Em campanhas anteriores, Lima et al. (2016b) obteve valores de perda por abrasão bastante superiores, com perda por abrasão de 1,05 g, talvez a aplicação de uma camada de acabamento possa explicar esta diferença de valores.

Em termos de perda de massa por abrasão, no presente estudo a argamassa T_E, ensaiada com o mesmo tipo de escova, apresentou muito menor perda por abrasão que Faria et al. (2016), que com uma argamassa semelhante apresentou perda por abrasão de 4,5 g enquanto no presente estudo a perda foi inferior a 1 g.

A norma DIN 18947 (DIN, 2013) define duas classes de resistência à abrasão (Quadro 4.5).

Quadro 4.5 - Classes de resistência à abrasão definidas pela norma DIN 18947 (DIN, 2013).

Classes de resistência à abrasão	Perda por abrasão (g)
S I	≤ 1,5
S II	≤ 0,7

Segundo a norma DIN 18947 (DIN, 2013) é possível classificar as argamassas T_E e T_{AP} na classe de resistência à abrasão SI.

4.3.7. Módulo de elasticidade dinâmico

Os resultados obtidos no ensaio do módulo de elasticidade dinâmico (Quadro 4.6), expressos em N/mm², resultam da média de 1 ensaio por provete, resultando assim na média de 6 valores por argamassa. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Quadro 4.6 - Resultados de módulo de elasticidade dinâmico e resistência mecânica.

Argamassa	Módulo de elasticidade dinâmico (N/mm ²)	Resistência à flexão (N/mm ²)	Resistência à compressão (N/mm ²)	Aderência ao suporte (N/mm ²)
T _E	4267±139	0,25±0,06	0,96±0,10	0,02±0,02
T _{AP}	3781±316	0,20±0,06	1,01±0,20	0,04±0,00
T+CL	2977±101	0,17±0,04	0,51±0,03	0,00±0,00
C	5571±243	0,84±0,11	2,84±0,17	0,06±0,03
G	4006±161	1,51±0,11	4,15±0,58	0,20±0,05

Os valores obtidos para as argamassas em estudo mostram que a argamassa T+CL é a que apresenta menor módulo de elasticidade dinâmico e a argamassa C é a que apresenta maior valor, o que significa que uma vez mais seria necessário comparar a argamassa T+CL com e sem adição de pasta de cal, pois ao que parece a adição de cal aérea parece baixar o valor de módulo de elasticidade dinâmico das argamassas de terra.

Relativamente a campanhas experimentais anteriores realizadas com argamassa pré-doseada da empresa Embarro (Faria et al., 2016), com outro lote de material e com maiores teores de água, obteve módulo de elasticidade dinâmico de 3610 N/mm². No presente estudo o valor obtido foi superior. Apenas a argamassa de cimento apresenta valor superior ao desta.

A argamassa T+CL apresenta módulo de elasticidade dinâmico dentro da mesma gama de valores obtidos por Faria (2016) para argamassas de cal, areia e terra (em diferentes proporções volumétricas), entre 2229 e 3243 N/mm², e consideravelmente superiores aos obtidos por Gomes et al. (2018; 2019), inferiores a 1000 N/mm², para argamassas de terra com adição de cal aérea. A argamassa de cimento apresenta módulo de elasticidade dinâmico superior ao obtido por Bogas et al. (2019), inferiores a 4000 N/mm².

4.3.8. Resistência à flexão e à compressão

Os resultados obtidos para os ensaios de resistência à flexão e resistência à compressão, expressos em N/mm² (Quadro 4.6) resultam da média de 6 valores por argamassa. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Da análise dos resultados obtidos concluiu-se que a argamassa T+CL é a que apresenta menores valores de resistência à flexão e à compressão, mesmo quando comparada com argamassas de terra sem adições. Embora não haja possibilidade de comparar argamassas com a mesma terra, sem e com cal, nem se saiba qual o teor de cal aérea na argamassa T+CL, parece que a adição de cal não melhora o comportamento da argamassa em termos de resistência mecânica. Apesar da argamassa ter sido ensaiada com tempo de envelhecimento significativamente superior às restantes (Santos et al., 2019a), mesmo assim pode haver ainda cal não carbonatada. No entanto, em campanhas anteriores, outros autores concluíram que a adição de baixos teores de cal aérea diminui a resistência mecânica de argamassas de terra caulinítica (Gomes et al., 2018) e ilítica (Santos et al. 2017a).

Por outro lado, a argamassa G é a que apresenta melhor resistência mecânica, apresentando neste estudo valores superiores aos obtidos anteriormente por Lima et al. (2016b). Tal como esperado, as argamassas de terra apresentam menores valores de resistência mecânica quando comparadas com argamassas de cimento e de gesso (Santos et al., 2019a).

Em campanhas experimentais anteriores, realizadas com argamassas de terra pré-doseada da empresa Embarro, os valores de resistência à flexão e à compressão obtidos por Faria et al. (2016) 0,3 N/mm² e 1,1 N/mm², respetivamente, estão dentro do desvio padrão obtido para a argamassa T_E no presente estudo, pelo que nestes ensaios o teor de água adicionado não parece ter influência nos resultados.

A argamassa de cimento, segundo indicação da ficha técnica do produtor (Anexo A.1), em termos de resistência à compressão classifica-se na classe CS II (CEN, 1999); o presente estudo confirma essa

classificação. Os valores obtidos no presente estudo foram inferiores aos obtidos por outros autores (Bogas et al., 2019; Brás et al., 2013), que obtiveram valores de resistência à flexão acima de 5 N/mm² e de resistência à compressão acima de 40 N/mm², ao fim de 28 dias. Os valores para a argamassa G em termos de resistência à flexão e à compressão estão de acordo com a indicação da ficha técnica do produtor (Anexo A.1.), que indica uma resistência à flexão superior a 1 N/mm² e à compressão superior a 2 N/mm². Em campanhas anteriores, outros autores obtiveram resultados bastante abaixo dos obtidos no presente estudo, com resistências à flexão de 0,69 N/mm² e à compressão de 1,66 N/mm², para uma argamassa de gesso (Lima et al., 2016b).

Segundo a norma NP EN 998-1 (IPQ, 2010), em termos de resistência à compressão as argamassas T_E, T_AP e T+CL podem classificar-se na classe CS I e as argamassas C e G na classe CS II.

4.3.9. Aderência ao suporte

A norma DIN 18947 (DIN, 2013), refere que os resultados de aderência ao suporte devem obter-se da média, no mínimo de 5 amostras utilizáveis, no presente estudo apenas as argamassas T_E e G cumprem esse requisito da norma. Para a argamassa T_E os resultados obtidos resultaram da média de 5 provetes e para a argamassa G resultaram da média de 6 provetes. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Os resultados obtidos no ensaio de aderência ao suporte, expressos em N/mm² (Quadro 4.6), mostram que, tal como esperado, as argamassas de terra sem estabilização (T_E e T_AP), quando comparadas com argamassas com base em ligantes convencionais (C e G), apresentam menor valor de aderência ao suporte, não atingindo nenhuma classe de resistência mecânica definidas pela norma DIN 18947 (DIN, 2013) em termos de aderência ao suporte. Por outro lado, as argamassas C e G apresentam valores mais elevados, sendo a argamassa G a que apresenta maior resistência mecânica por aderência ao suporte. O valor obtido para aderência ao suporte da argamassa C é inferior ao indicado na ficha técnica do produtor (Anexo A.1.), 0,2 N/mm². Isto pode explicar-se pela falta de aplicação da camada de chapisco, o que pode ter reduzido a aderência da argamassa ao suporte.

A argamassa T+CL não apresenta qualquer aderência ao suporte, parecendo que uma vez mais se comprova que a adição de cal aérea não melhora a resistência mecânica das argamassas de terra, sendo de notar que não se pode afirmar concretamente este facto porque não houve possibilidade de comparar esta argamassa sem e com adição de cal nem se conhece a quantidade de cal adicionada à argamassa.

Os valores de aderência ao suporte obtidos no presente estudo são muito inferiores aos obtidos por Faria et al. (2016), 0,15 N/mm², em campanhas experimentais realizadas com argamassa comercializada pela empresa Embarro. Os valores de aderência ao suporte obtidos para a argamassa de gesso foram superiores aos obtidos em estudo anterior (Lima et al., 2016b), 0,11 N/mm².

A norma DIN 18947 (DIN, 2013) define classes de resistência mecânica apresentas no Quadro 4.7, a partir do qual as argamassas de terra não estabilizadas com ligantes podem ser classificadas em termos mecânicos.

Quadro 4.7 - Classes de resistência mecânica definidas pela norma DIN 18947 (DIN, 2013).

Classe de resistência mecânica	Resistência à flexão (N/mm ²)	Resistência à compressão (N/mm ²)	Aderência (N/mm ²)
SI	≥ 0,3	1,0-1,5	≥ 0,05
SII	≥ 0,7	< 1,5	≥ 0,10

Em termos de resistência à flexão as argamassas de terra (T_E e T_AP) atingiram a classe de resistência SII, ou seja, apresentam valor de resistência à flexão superior a 0,7 N/mm². No que respeita à resistência à compressão a argamassa T_E não atingiu nenhuma classe de resistência mecânica, embora esteja próximo de atingir a classe SI. A argamassa T_AP encontra-se na classe SI.

Quanto à aderência ao suporte nenhuma argamassa de terra atingiu o limite mínimo de aderência ao suporte; contudo, apenas a argamassa T_E se poderia classificar segundo a norma uma vez que a argamassa T_AP não cumpre o requisito mínimo de 5 amostras utilizáveis.

Em geral, a argamassa T+CL é a que apresenta pior comportamento em termos de resistências mecânicas, pelo que seria necessário caracterizar esta argamassa (com os mesmo constituintes e o mesmo teor de água) com e sem adição de pasta de cal, para se poder afirmar que a adição de cal em pasta não melhora as características mecânicas da argamassa de terra sem estabilização. Contudo, outros autores em campanhas experimentais anteriores já haviam obtido resultados que mostram que a adição de cal aérea a argamassas de terra não aumentam a resistência mecânica (Gomes et al., 2018; Santos et al., 2017a)

4.3.10. Absorção de água sob baixa pressão - Tubos de *Karsten*

Segundo a norma EN 16302 (CEN, 2013) os resultados obtidos das medições devem ser apresentados num gráfico de quantidade de água absorvida em função do tempo (Figura 4.6). Os valores obtidos resultam da média das 3 medições realizadas em cada provete de argamassas. De notar que as argamassas de terra sem estabilização terminaram o ensaio antes do tempo: ao fim de 15 e 10 minutos as argamassas T_E e T_AP respetivamente entraram em plasticidade, tendo-se dado o ensaio por terminado porque ocorreu destacamento da plasticina que selava a argamassa à base do tubo.

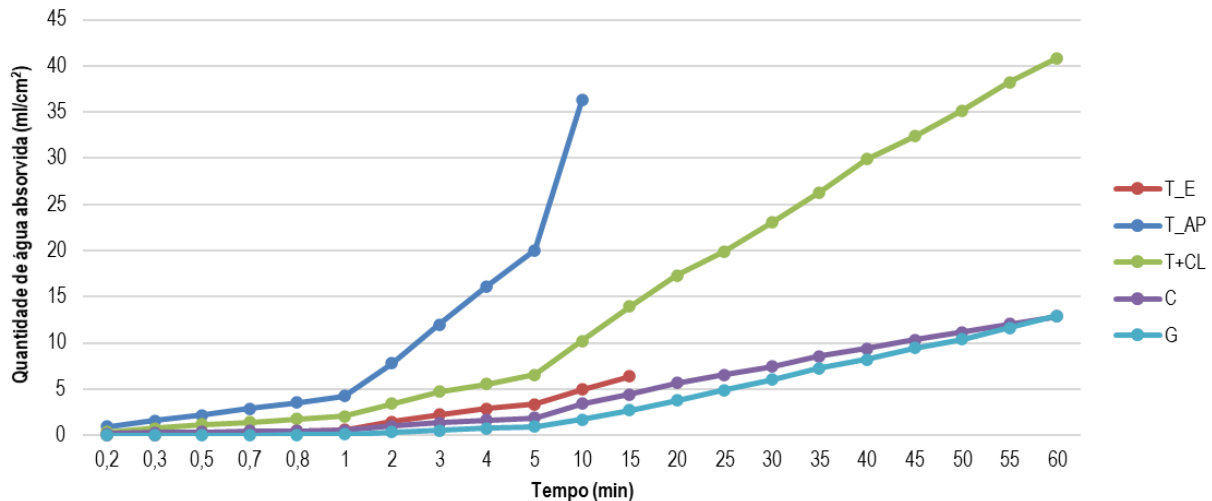


Figura 4.6 - Resultados do ensaio de absorção de água por baixa pressão – tubos de *Karsten*.

Observando a quantidade de água absorvida ao fim de 10 minutos e a quantidade total de água absorvida (Quadro 4.8) é possível constatar que, apesar do pouco tempo de duração do ensaio, a argamassa de terra T_AP foi a argamassa que absorveu maior quantidade de água, cerca de 36,28 ml/cm² em apenas 10 minutos. É também possível concluir que o comportamento da argamassa C e G é bastante semelhante, absorvendo praticamente a mesma quantidade de água em 1 h, sendo que, ao fim de 10 minutos, a argamassa C já tinha absorvido 3,42 ml/cm² enquanto a argamassa G apenas tinha absorvido 1,71 ml/cm². A argamassa que absorveu maior quantidade de água em 1 h foi a argamassa T+CL. Ao fim de 10 minutos esta já era uma das argamassas com maior quantidade de água absorvida; apenas a argamassa T_AP, que acabou por romper, tinha absorvido mais água. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Quadro 4.8 - Quantidade total de água absorvida, sob baixa pressão – tubos de *Karsten*.

Argamassas	Tempo de ensaio (minutos)	Quantidade de água absorvida ao fim de 10 minutos (ml/cm ²)	Quantidade total de água absorvida (ml/cm ²)
T_E	15	5,00	6,37
T_AP	10	36,28	36,28
T+CL	60	10,20	40,87
C	60	3,42	12,87
G	60	1,71	12,94

Os resultados do ensaio comprovam a fragilidade das argamassas de terra face ao contacto com a água no estado líquido; os provetes de T_E e T_AP não resistiram à pressão da água, o reboco acabou por entrar novamente em plasticidade. Por outro lado, a argamassa T+CL, C e G mostram um bom comportamento e resistência face à presença de água. A argamassa T+CL, apesar de absorver muita água, conseguiu resistir sem entrar em plasticidade durante todo o tempo de ensaio. Contrariamente ao que acontece em termos de resistência mecânica, a cal parece melhorar o comportamento dos rebocos face à pressão da água. Contudo,

não se pode afirmar este facto concretamente porque não se comparou esta argamassa sem adição de cal nem se conhece a quantidade de cal adicionada à argamassa.

Apesar das argamassas em estudo terem como objetivo aplicação no interior, realizou-se este ensaio para avaliar o seu comportamento em caso de contacto com água, por exemplo durante uma lavagem ou em caso de contacto com água junto a uma janela aberta, situações que, em virtude dos resultados obtidos, devem evitar-se devido à fragilidade mostrada pelas argamassas T_E e T_AP.

4.3.11. Absorção de água por capilaridade

A Figura 4.7 apresenta as curvas de capilaridade das argamassas analisadas no presente estudo. Os coeficientes de capilaridade e a quantidade de água absorvida ao fim de 120 h, à exceção da argamassa T_AP em que é registada ao fim de 3,5 h (Quadro 4.9).

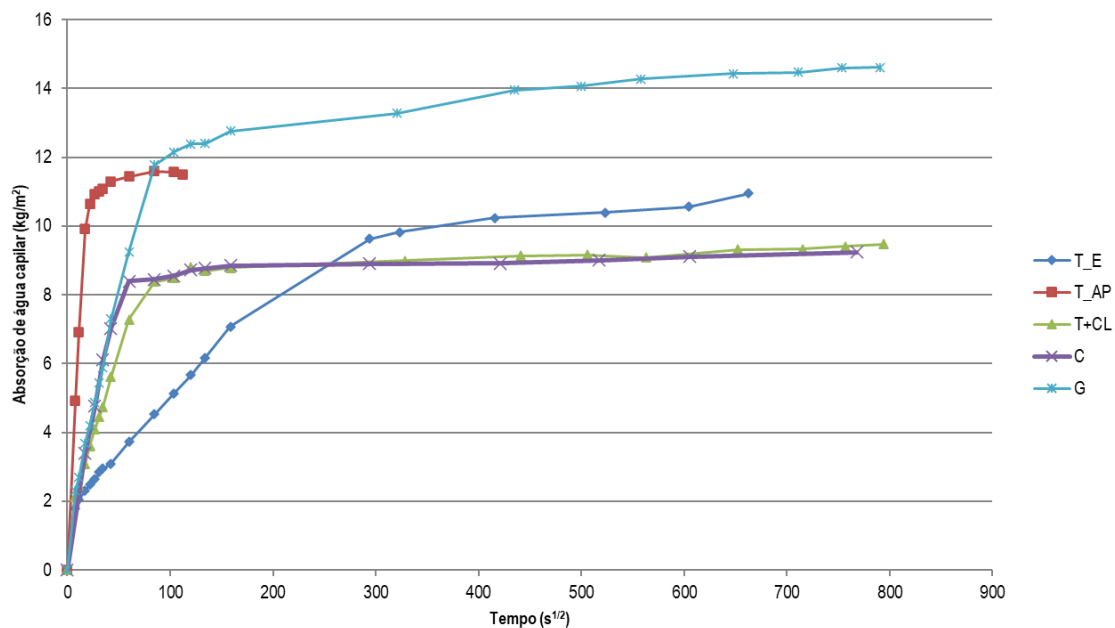


Figura 4.7 - Curvas de absorção por capilaridade das argamassas.

Quadro 4.9 - Coeficientes de capilaridade e quantidade de água absorvida.

Argamassas	AC [kg/(m ² .s ^{1/2})]	Quantidade de água absorvida (kg/m ²)
T_E	0,03 ± 0,00	10,9 ± 0,4
T_AP	0,41 ± 0,06	11,5 ± 0,3
T+CL	0,10 ± 0,01	9,3 ± 0,5
C	0,12 ± 0,00	9,1 ± 0,2
G	0,14 ± 0,01	14,4 ± 0,4
C+P	0,12 ± 0,01	9,2 ± 0,2
G+P	0,14 ± 0,01	14,1 ± 0,4

Observando os resultados obtidos (Figura 4.7) é visível de imediato que a curva referente à argamassa T_{AP} é muito curta comparativamente às restantes. Isso deve-se ao facto do ensaio desta argamassa ter sido muito curto, durando apenas três horas e meia, uma vez que esta argamassa se mostrou muito sensível à presença de água e ao fim dos 210 minutos os provetes começaram a apresentar perdas de material. É ainda visível de imediato a semelhança de comportamento entre as argamassas T+CL e C.

A argamassa T_E apresenta bom comportamento num primeiro contacto com a água, pois apresenta menor coeficiente de capilaridade. No entanto, esta argamassa nunca atingiu um valor assintótico, ou seja, no final do ensaio esta argamassa ainda se encontrava a absorver água por capilaridade.

Pelo contrário, a argamassa T_{AP} apresenta alta absorção capilar na fase inicial, comprovada pelo elevado coeficiente de capilaridade (Quadro 4.9), sendo a que apresenta pior comportamento face ao contacto com a água e bastante sensibilidade, daí ter decorrido muito menos tempo de ensaio. Comportamento semelhante ao mostrado no ensaio de absorção de água sob baixa pressão com tubos de *Karsten*, no qual, apesar de nenhuma argamassa de terra sem estabilização ter resistido à duração do ensaio, a argamassa T_E mostrou absorver baixas quantidades de água e argamassa T_{AP}, pelo contrário, mostrou que logo no primeiro contacto absorveu grande quantidade de água.

A argamassa T+CL apresenta menor capacidade de absorção por capilaridade, quando comparada com as argamassas de terra sem estabilização T_E e T_{AP}. Outros autores (Gomes et al., 2016a) documentaram que a argila apresenta comportamento diferente quando misturada com cal; a adição de cal parece bloquear o comportamento da estrutura da argila, inibindo as suas características e diminuindo a absorção de água.

As argamassas de ligantes convencionais (C e G) apresentam comportamento semelhante no início, comprovado pela inclinação idêntica nos primeiros minutos de ensaio e pelo semelhante coeficiente de capilaridade. A argamassa de gesso apresenta capacidade de absorver grande quantidade de água por capilaridade, sendo a argamassa que absorveu maior quantidade de água. Essa capacidade pode provavelmente atribuir-se à maior finura do material (Santos et al., 2019a), que pode traduzir-se numa estrutura muito capilar.

Resumidamente, deste ensaio pode concluir-se que a argamassa T_{AP} é a que apresenta pior comportamento face à presença de água, com um coeficiente de capilaridade bastante superior ao das restantes argamassas e que a argamassa T_E apresenta um bom comportamento face à capilaridade, apresentando o coeficiente de capilaridade mais reduzido. Pode ainda concluir-se que a argamassa G é a que absorve maior quantidade de água por capilaridade e a argamassa de C é a que absorve menos quantidade de água, contudo com valor muito próximo da quantidade de água absorvida pela argamassa T+CL. Quanto à absorção de água no primeiro contacto, o comportamento das argamassas T+CL, C e G é bastante semelhante.

Ao comparar as argamassas de cimento e de gesso com e sem aplicação de pintura (Figura 4.8) é possível observar que a pintura pouco altera o comportamento das argamassas, estando a diferença de valores obtidos dentro do desvio-padrão. No caso da argamassa de gesso, a pintura apresenta pequena influência, sendo notória graficamente na fase inicial. Contudo, apresenta o mesmo valor de coeficiente de capilaridade. A quantidade de água absorvida pelo reboco de argamassa de gesso não pintada foi ligeiramente superior à

da argamassa de gesso após pintura. Para o reboco com argamassa de cimento a diferença foi ainda menos notória. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

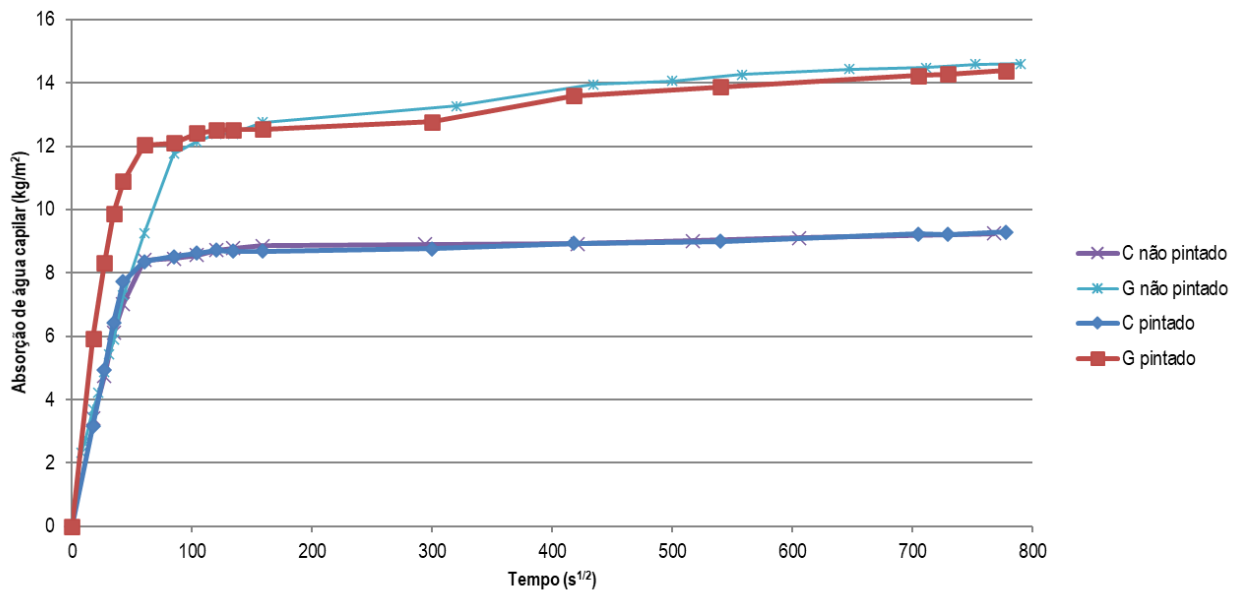


Figura 4.8 - Curvas de absorção de água por capilaridade (C+P e G+P).

Comparando os resultados obtidos no ensaio de absorção de água sob baixa pressão (tubos de *Karsten*) e no ensaio de absorção de água por capilaridade é possível observar a argamassa T_{AP} não resistiu ao contato com a água durante todo o tempo de ensaio, tendo terminado preliminarmente em ambos os casos. Apresenta por isso, o pior comportamento face à presença de água. Por outro lado, a argamassa T_E apenas apresentou mau comportamento quando em contacto com água sob pressão, pois em termos de absorção de água por capilaridade apresenta bom comportamento no contato inicial com a água e resistiu ao contacto com água durante muito tempo, nunca apresentando sinais de deterioração. Em ambos os ensaios, a argamassa T_E absorveu muito menos quantidade de água que a argamassa T_{AP}. Assim sendo, a argamassa T_E não tem problemas de ascensão de água por capilaridade, sendo, contudo, necessário ter cuidado com o ambiente em que se vai aplicar esta argamassa.

Observa-se ainda que a argamassa de gesso no ensaio de absorção de água por capilaridade foi a que absorveu maior quantidade de água enquanto no ensaio de absorção de água sob baixa pressão foi das que absorveu menos quantidade de água. A argamassa T+CL no ensaio de absorção de água por capilaridade apresenta comportamento muito semelhante à argamassa de C, no ensaio de absorção de água sob baixa pressão é a que apresenta maior absorção de água. A argamassa C apresenta comportamento semelhante à argamassa G em termos de absorção de água sob baixa pressão, contrariamente ao que acontece em termos de absorção de água por capilaridade em que a argamassa G absorve muito mais água que a argamassa C. Enquanto o comportamento das argamassas T+CL, C e G é muito semelhante no início do ensaio de absorção de água por capilaridade, nos primeiros 10 minutos do ensaio de absorção de água sob baixa pressão a argamassa T+CL absorveu mais do dobro da quantidade de água que a argamassa C, que também absorveu mais água que a argamassa G. Por outro lado, no fim do ensaio de capilaridade, a argamassa G absorveu

muito mais água que a argamassa C. Em termos de absorção de água sob baixa pressão a quantidade de água absorvida no final era praticamente a mesma.

Em campanhas anteriores outros autores já haviam testemunhado que, apesar de não melhorar as características mecânicas das argamassas, a adição de cal melhora a estabilidade das argamassas de terra face à presença de água (Gomes et al., 2018; Santos et al., 2017a).

4.3.12. Secagem

A Figura 4.9 apresenta as curvas de secagem das argamassas analisadas no presente estudo em função do tempo e em função da raiz do tempo. As taxas de secagem na fase 1 e na fase 2 são apresentadas no Quadro 4.10.

Analisando os resultados obtidos as curvas de secagem (Figura 4.9) concluiu-se que T_E, T_AP e C apresentam comportamento semelhante em termos de secagem, com taxas de secagem nas fases 1 e 2 e índice de secagem semelhantes (Quadro 4.10). Estas apresentam bom comportamento de secagem, têm elevada taxa de secagem (rápida secagem inicial) e baixo índice de secagem, que garante capacidade total de secagem.

Apesar de apresentar maior quantidade de água absorvida por capilaridade por unidade de área e, conseqüentemente, ter maior quantidade de água para evaporar, a argamassa de gesso apresenta bom comportamento de secagem, semelhante ao comportamento das argamassas só de terra e de cimento. A argamassa T+CL é de todas a que apresenta pior comportamento de secagem, com baixas taxas de secagem quer na fase inicial como na fase 2 e alto índice de secagem, podendo este comportamento ser explicado pela presença de cal (Santos et al., 2019a), que parece contribuir para diminuir a capacidade de secagem das argamassas, uma vez que como acima referido a adição de cal parece bloquear o comportamento da argila (Gomes et al., 2016a). Contudo, tal como já foi referido, para se poder concluir claramente que a cal piora o comportamento de secagem das argamassas de terra seria necessário analisar a argamassa T+CL com e sem adição de pasta de cal.

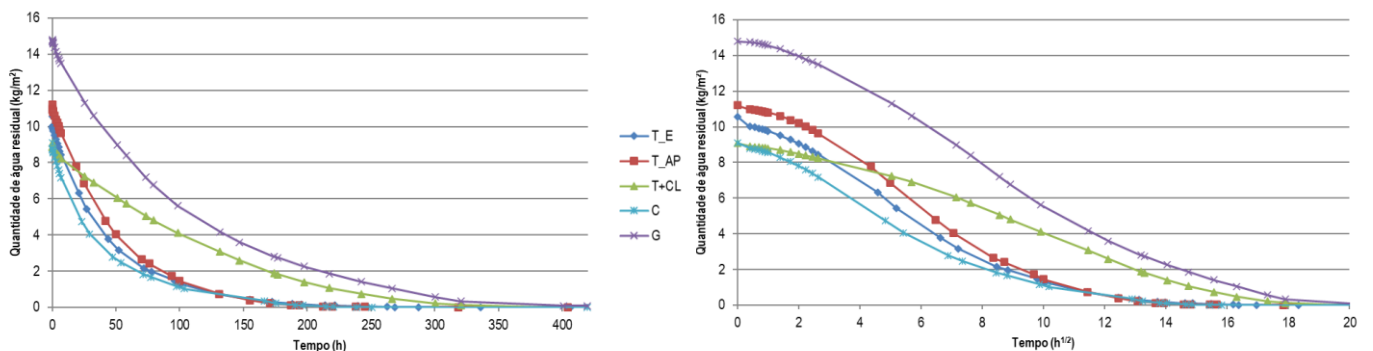


Figura 4.9 - Curvas de secagem: em função do tempo (esquerda); em função da raiz do tempo (direita).

Quadro 4.10 - Taxas de secagem na primeira e segunda fases D_1 e D_2) e índice de secagem (ID).

Argamassas	D_1 [kg/(m ² .h)]	D_2 [kg/(m ² .h ^{1/2})]	ID [-]
T_E	0.15 ± 0.00	1.15 ± 0.03	0.11 ± 0.01
T_AP	0.15 ± 0.01	1.11 ± 0.05	0.12 ± 0.00
T+CL	0.05 ± 0.00	0.44 ± 0.03	0.26 ± 0.04
C	0.17 ± 0.01	1.03 ± 0.07	0.10 ± 0.01
G	0.11 ± 0.01	0.91 ± 0.06	0.24 ± 0.02
C+P	0.13 ± 0.01	0.89 ± 0.04	0.14 ± 0.01
G+P	0.07 ± 0.00	0.79 ± 0.04	0.27 ± 0.01

Observando as curvas de secagem das argamassas de gesso e de cimento pintadas e não pintadas (Figura 4.10), a pintura parece ter pouca influência na secagem. Contudo, as taxas de secagem dos provetes após pintura são inferiores às dos provetes não pintados, o que indica uma secagem mais lenta no início. Pelo contrário o índice de secagem apresenta valor mais elevado para os provetes pintados o que significa menor capacidade de secagem total, ou seja, apesar da influência da pintura não ser muito significativa, piora o comportamento de secagem das argamassas. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

Os provetes de cimento e de gesso, mesmo após aplicação de pintura, apresentam melhor comportamento de secagem que a argamassa T+CL.

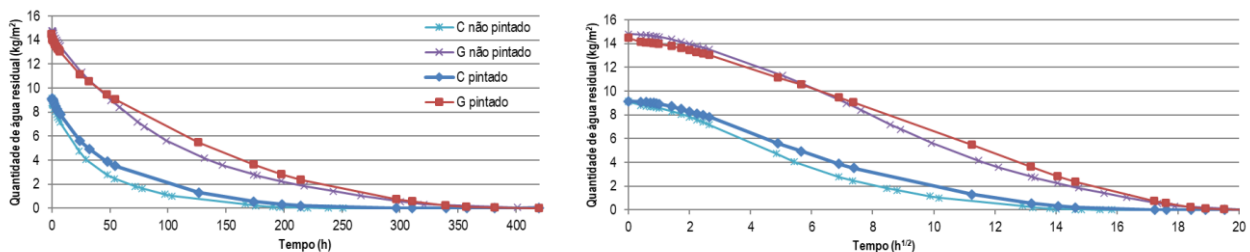


Figura 4.10 - Curvas de secagem para C+P e G+P

4.3.13. Permeabilidade ao vapor de água

A norma DIN 18947 (DIN, 2013) considera que, relativamente à resistência à difusão do vapor de água, μ , pode ser assumido o valor de 5 ou 10, consoante o método de ensaio utilizado (cápsula seca ou húmida).

Observando os valores obtidos de fator de resistência à difusão de vapor de água (μ) e de espessura da camada de difusão de vapor de água equivalente (S_d) (Quadro 4.11) é possível concluir que a argamassa T_AP é a que apresenta menores valores; pelo contrário, a argamassa com maiores valores é a argamassa de cimento, o que significa que esta é a argamassa que oferece maior resistência à difusão de vapor de água, podendo constituir uma barreira ao vapor. O valor obtido para a argamassa de cimento está de acordo com o indicado na ficha técnica do produtor (Anexo A.1.), que indica um valor de permeabilidade ao vapor de água μ menor ou igual a 15.

Quadro 4.11 - Resultados obtidos no ensaio de permeabilidade ao vapor de água (μ e S_d).

Argamassa/reboco	T_E	T_AP	T+CL	C	G
μ (-)	10,56	8,37	11,26	15,12	14,14
S_d (m)	0,23	0,17	0,25	0,33	0,30

Da observação dos valores apresentados graficamente (Figura 4.11) é visível que as argamassas T_E, T+CL, C e G apresentam um comportamento bastante semelhante, apesar das diferenças de massa acumulada, sendo muito idêntico o comportamento da argamassa de cimento e de gesso e o da argamassa T_E e da T+CL. A argamassa T_AP mostra maior variação de massa ao longo do tempo, o que é comprovado pela baixa resistência à difusão do vapor de água e pela baixa espessura da camada de difusão de vapor de água equivalente. Esta é a argamassa que oferece menor resistência à passagem de vapor de água. A argamassa T_AP apresenta valores de μ e S_d semelhantes aos obtidos por Faria et al. (2016) ($\mu=8,0$ e $S_d=0,16$ m) num estudo anterior com argamassa pré-doseada da empresa Embarro, de lote diferente e com teor de água diferente. A argamassa T_E neste estudo apresentou valores superiores aos obtidos no referido estudo realizado por Faria et al.,(2016). Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

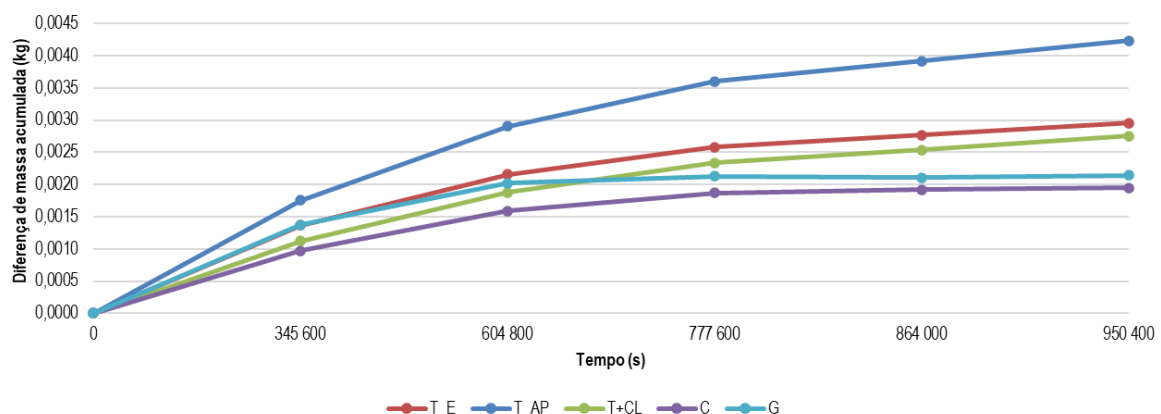


Figura 4.11 - Variação de massa ao longo do tempo - ensaio de permeabilidade ao vapor de água.

Com os resultados obtidos neste ensaio foi possível concluir que as argamassas de terra sem estabilização são as que oferecem menor resistência à difusão de vapor de água quando comparadas com argamassas de ligantes convencionais. Neste ensaio, apesar de não se poder afirmar com certeza, uma vez que a argamassa T+CL não foi estudada sem adição de pasta de cal, a adição de cal parece aumentar a resistência à difusão de vapor de água.

Apesar de, em termos de resistência à difusão de vapor de água, a argamassa T+CL se encontrar, em termos de valor, num patamar intermédio entre as argamassas de terra (sem estabilização) e as argamassas de ligantes convencionais, esta argamassa apresenta maior dificuldade em secar que as argamassas C e G.

4.3.14. Higroscopicidade

A norma DIN 18947 (DIN, 2013) classifica os rebocos de terra em 3 classes de adsorção: WSI, WSII e WSIII. Estas são definidas consoante a quantidade de vapor de água adsorvido ao fim de 12 h a 23 °C e 80 % de HR. A classe WSI aplica-se a rebocos com adsorção não inferior a 35 g/m², WSII para rebocos com adsorção não inferior a 47,5 g/m² e WSIII para rebocos com adsorção não inferior a 60 g/m².

Os resultados do ensaio são apresentados através das curvas de adsorção e desadsorção de vapor de água (Figura 4.12). Até às 12 h de ensaio podem ser comparadas com as classes de adsorção definidas pela norma DIN 18947 (DIN, 2013) .

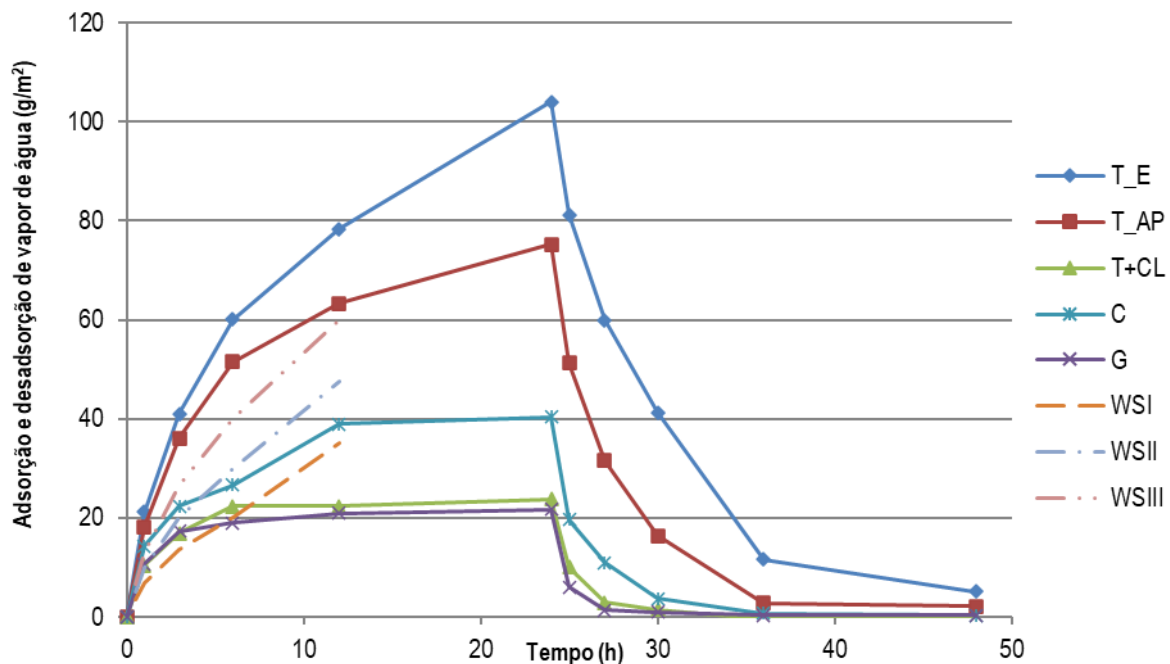


Figura 4.12 - Curvas de adsorção e desadsorção e limites definidos pela DIN 18947 (DIN, 2013).

Através da observação dos resultados notou-se que, tal como esperado, os rebocos de terra apresentam elevada capacidade de adsorção e desadsorção. De acordo com a norma DIN 18947 (DIN, 2013) os rebocos T_E e T_AP podem classificar-se como da classe WSIII. Contudo, o reboco T_E apresenta maior capacidade de adsorção, o que pode ser explicado pela influência do tipo de argila presente na argamassa (Lima et al., 2020) ou pela adição de fibras que tendem a aumentar a higroscopicidade das argamassas de terra (Ashour et al., 2011).

Observando as curvas, pode ainda concluir-se que a adição de cal indicia diminuir a capacidade de adsorção e desadsorção dos rebocos de terra, uma vez que o reboco T+CL adsorveu muito pouco durante o ensaio. O tipo de argila presente nesta argamassa também pode influenciar a baixa higroscopicidade. Atendendo à classificação da norma DIN 18947 (DIN, 2013), o reboco T+CL não pode ser classificado, uma vez que a norma DIN 18947 (DIN, 2013) apenas classifica rebocos de terra não estabilizados. De qualquer forma não poderia ser classificada porque adsorveu menos que o limite inferior da WSI.

Quanto aos rebocos de cimento e de gesso estes apresentam, tal como esperado, menor capacidade de adsorção do que os rebocos de terra sem estabilização, sendo que o reboco de argamassa de gesso apresenta comportamento semelhante ao reboco T+CL.

Todos os rebocos em estudo apresentam bom desempenho face à desadsorção de vapor de água, tendo libertado quase todo o vapor de água que absorveram. Os rebocos T_E e T_AP não chegaram aos valores iniciais, mas chegariam com mais algum tempo de ensaio. As curvas mostram que T+CL, G e C libertaram todo o vapor de água que adsorveram. As restantes argamassas retiveram um pouco desse vapor.

Observando os resultados obtidos após pintura dos provetes de gesso e de cimento (Figura 4.13) é possível concluir que os rebocos de gesso apresentam praticamente o mesmo comportamento estando ou não pintados, o que pode ser justificado por, antes da pintura, já se ter aplicado a camada de acabamento.

O reboco de cimento tem praticamente o mesmo comportamento na fase de desadsorção, enquanto na fase de adsorção é visível que o cimento não pintado adsorve maior quantidade de água que o cimento pintado. A adsorção e também a desadsorção ocorrem mais rapidamente no cimento não pintado. Contudo, a influência de pintura na higroscopicidade de argamassas de ligantes convencionais parece pouco significativa.

Tanto o reboco de gesso como o de cimento (pintado e não pintado) libertam toda a quantidade de vapor de água que adsorvem. Os valores que deram origem aos valores finais encontram-se no Anexo A.2.

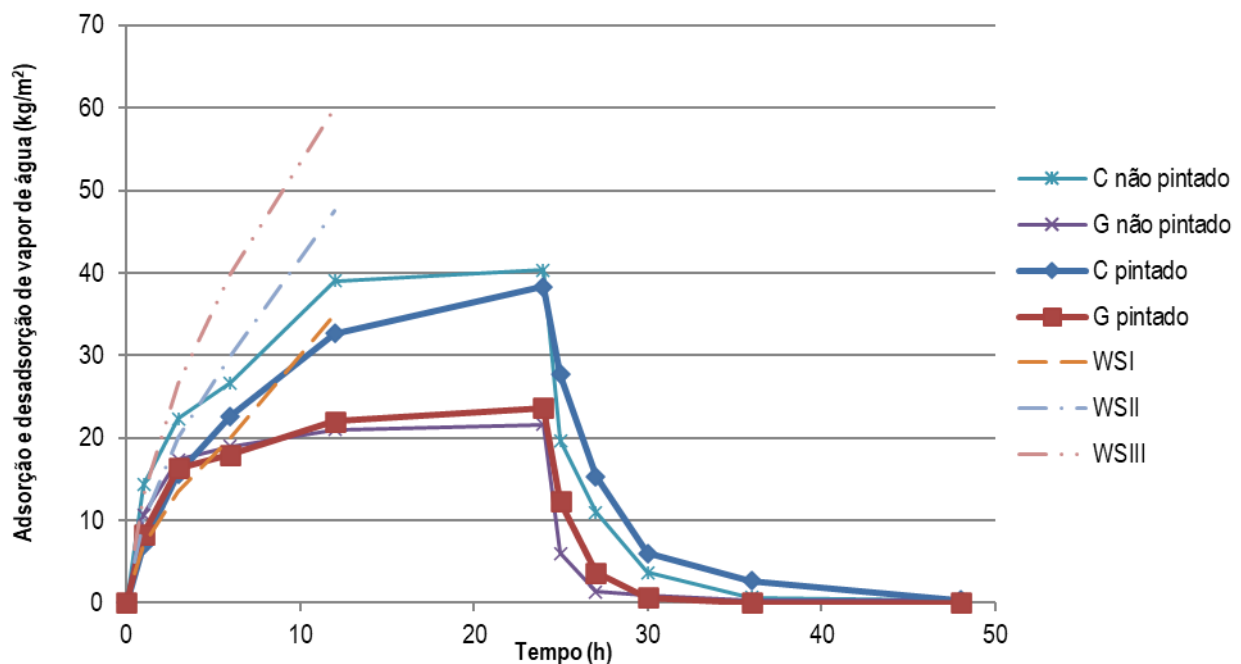


Figura 4.13 - Curvas de adsorção e desadsorção e limites definidos pela DIN 18947 (DIN, 2013).

Dos resultados do ensaio de higroscopicidade podem tirar-se algumas conclusões relativamente ao comportamento destas argamassas e à possibilidade de contribuírem ou não para o equilíbrio higrotérmico dos edifícios e, consequentemente, para melhorar a qualidade do ar interior, e para a saúde e conforto dos ocupantes do edifícios. Primeiramente, e tal como esperado, as argamassas de terra sem estabilização, apresentam elevada capacidade de adsorção e desadsorção de vapor de água; contudo apesar desta vantagem, deve haver cuidado na aplicação deste tipo de argamassas, uma vez que, além da sua fragilidade

face ao contacto com a água, a sua elevada capacidade de adsorção e desadsorção de vapor de água também pode passar de uma grande vantagem em termos de regulador higrotérmico a uma desvantagem. Isto porque, se estas forem aplicadas em ambiente excessivamente húmido, pode haver dificuldade em desadsorver o vapor de água adsorvido e haver ocorrência de fungos e bolores, sendo nestes casos contraproducente a sua aplicação. No entanto, e tal como já referido, esses ambientes não serão confortáveis nem saudáveis, mesmo só pelo elevado nível de humidade relativa.

Quanto aos resultados obtidos para a argamassa de terra com estabilização com cal em pasta, tal como referido por outros autores (Faria & Lima, 2018) a estabilização com adição de cal parece diminuir as capacidades higroscópicas das argamassas de terra, contribuindo menos para o equilíbrio higrotérmico dos edifícios. Uma vez mais, para se poder concluir objetivamente deveria ser ensaiada a argamassa T+CL, com e sem adição de pasta de cal. Com adição de pasta de cal o comportamento higroscópico é semelhante ao das argamassas de ligantes convencionais; sem estabilização provavelmente seria semelhante aos das restantes argamassas de terra, dependendo claro do tipo de argila presente na argamassa, também um fator que, tal como já foi referido, influencia a capacidade higroscópica das argamassas (Lima et al., 2020).

4.4. Síntese de resultados

O Quadro 4.12 apresenta uma síntese dos resultados obtidos em termos de propriedades das argamassas no estado endurecido, comparando entre si as cinco argamassas em estudo. A argamassa de cimento foi escolhida como argamassa de referência, comparando com esta as restantes. Conforme os valores são acima, abaixo e iguais, ou dentro do desvio padrão do ensaio, representam-se por **>**, **<** ou **=**. Quando é considerado vantajoso o aumento ou diminuição representa-se com preenchimento a **verde**; quando é considerado desvantajoso com **vermelho** e quando não têm influência com amarelo. No entanto, considerar ser vantajoso ou desvantajoso pode depender do tipo de paredes nas quais os rebocos seriam aplicados.

Quadro 4.12 – Avaliação das argamassas T_E, T_AP, T+CL e G face à argamassa de cimento

Argamassa	RV	λ	Durómetro	Coesão	Abrasão	Resistência mecânica	RA (N/mm ²)
T_E	=	>	<	<	>	<	<
T_AP	=	>	<	=	>	<	=
T+CL	>	<	<	<	=	<	<
G	=	<	>	<	<	>	>

Nota: RV – retração volumétrica; λ – condutibilidade térmica; RA – resistência à aderência

Analisando o Quadro 4.12 pode-se concluir que apenas a argamassa T+CL se destaca negativamente em termos de retração volumétrica (RV). Em termos de comportamento térmico as argamassas de terra apresentam pior resultado que a argamassa de cimento; contudo as argamassas T+CL e G apresentam melhor comportamento térmico. A dureza superficial por durómetro apenas é melhor para a argamassa G. Estranhamente, apesar da elevada dureza superficial a argamassa de cimento é a que apresenta maior perda

por coesão; contudo, em termos de perda por abrasão o cenário é o contrário, mostrando que as argamassas de ligantes convencionais são as que apresentam maior resistência à abrasão.

Relativamente a resistências mecânicas a argamassa de G é a mais resistente, seguindo-se a argamassa C; contudo, as resistências mecânicas apresentadas pelas argamassas de terra podem não ser necessariamente uma desvantagem, isto é, dentro de limites aceitáveis, para argamassas de reboco, apresentar resistências mecânicas um pouco mais baixas pode ser uma vantagem em termos de compatibilidade com paredes menos resistentes.

No Quadro 4.13, tal como no Quadro 4.12, comparam-se as argamassas T_E, T_AP, T+CL e G com a argamassa de C (referência), desta vez avaliando o comportamento das argamassas face à presença de água, o comportamento higroscópico, a permeabilidade ao vapor de água e a secagem. Faz-se ainda referência a um parâmetro a ter em conta: a necessidade ou não de aplicação de acabamento por pintura, que, como é notório, apenas é indispensável na argamassa de cimento, podendo as outras receber ou não acabamento por pintura.

Quadro 4.13 – Comparação do comportamento das argamassas face à argamassa de cimento

Argamassa	Tubos de <i>Karsten</i>	Capilaridade	Secagem	μ	Higroscopicidade	Necessidade de pintura
T_E				>		
T_AP				>		
T+CL				>		
G				>		

Nota: μ - resistência à difusão de vapor de água;

Analisando o Quadro 4.13 pode-se concluir que apenas a argamassa G se comporta de forma semelhante, e positiva em termos de absorção de água sob baixa pressão (tubos de *Karsten*), resistindo durante 1 hora e absorvendo baixas quantidades de água. Contrariamente ao esperado, a argamassa com melhor comportamento em termos de absorção de água por capilaridade foi uma argamassa de terra, sem estabilização, T_E. Apesar da elevada resistência à difusão de vapor de água que apresenta, a mais resistente das cinco argamassas em estudo, que é a argamassa de cimento, apresenta bom comportamento de secagem, com baixo índice de secagem, o que significa secagem total.

Tal como era esperado, o comportamento higroscópico das argamassas de terra é superior ao das restantes argamassas; contudo a argamassa de cimento apresenta melhores propriedades higroscópicas quando comparada com as argamassas T+CL e G.

Uma desvantagem notória, à partida, da argamassa C é a necessidade de acabamento por pintura; as restantes argamassas não necessitam de acabamento.

O melhor reboco interior a aplicar, de entre os analisados no presente estudo, depende do tipo de parede. Quando se trata de uma parede de betão armado o reboco com melhores características será o reboco com base em gesso, pois apresenta várias vantagens quando comparado com o de cimento e é compatível com o tipo de parede. Para uma paredes de alvenaria e paredes de terra a argamassa de reboco recomendada é a argamassa T_E, apresenta melhores características entre as argamassas de terra, e várias vantagens em

termos de qualidade do ar interior quando comparada com as restantes, contudo não esquecer a fragilidade em algumas circunstância, tendo por isso, cuidados na sua aplicação.

5. Conclusões

5.1. Conclusões finais

Os resultados obtidos com a realização deste estudo, para comparação de argamassas de terra sem estabilização, com argamassa de terra e cal e com argamassas de ligantes convencionais (cimento e gesso) mostraram que tal como esperado, as argamassas de terra não estabilizadas apresentam fragilidade à água e menor resistência mecânica, mas por outro lado, apresentam elevada capacidade de adsorção e desadsorção de vapor de água.

No que respeita às argamassas no estado fresco, em todos os ensaios os resultados obtidos foram numa gama de valores expectável. A quantidade de água adicionada em cada amassadura, ou seja, o teor de água influencia as características das argamassas no estado fresco. Em termos de consistência por penetrómetro as argamassas de terra e cal e de gesso apresentam valores significativamente superiores aos das restantes argamassas, explicado pelo teor de água também superior. Em termos de consistência por espalhamento os valores obtidos para as argamassas de terra, sem estabilização, foram abaixo do definido pela norma DIN 18947 (2013). Apesar de todas apresentarem baixo valor de consistência e abaixamento por espalhamento, todas as argamassas eram muito trabalháveis. Relativamente à massa volúmica aparente, as duas argamassas de terra sem estabilização cumprem o requisito mínimo definido pela norma DIN 18947 (2013).

Em termos de caracterização no estado endurecido apenas a argamassa de terra e cal apresenta um valor de retração volumétrica elevado, próximo de 3 %, apresentando todas as outras valores de retração volumétrica e linear inferiores a 1 %. Em termos de massa volúmica aparente, as argamassas de terra sem estabilização podem classificar-se segundo as classes da norma DIN 18947 (2013), a argamassa de gesso apresenta valor abaixo das restantes, o que pode ser influência da baixa baridade do produto pré-doseado.

Superficialmente, as argamassas de terra sem estabilização apresentam piores resultados em termos de resistência à abrasão e de perda por coesão superficial. Estranhamente, a argamassa de terra com adição de cal apresenta dureza superficial por durómetro ligeiramente inferior ao apresentado pelas argamassas de terra, ou seja, a adição de cal parece não melhorar a dureza superficial das argamassas de terra.

Em termos de resistência mecânica a argamassa de gesso foi a que apresentou melhor comportamento. Tal como esperado, em comparação com as argamassas de ligantes convencionais (cimento e gesso) as argamassas de terra apresentaram piores resultados. A argamassa de terra e cal foi a que apresentou o pior comportamento em termos de resistência mecânica, mesmo quando comparada com argamassas de terra sem estabilização, o que justifica a sua menor dureza superficial.

Relativamente ao ensaio de absorção de água sob baixa pressão (tubos de *Karsten*) as argamassas de terra não resistiram durante todo o ensaio, o que comprova uma vez mais a sua fragilidade face ao contacto com água. Apesar da fragilidade quando exposta à presença de água sob pressão, quanto à absorção de água por capilaridade a argamassa T_E apresentou bom comportamento; pelo contrário a argamassa T_AP teve pouco tempo de ensaio porque começou a apresentar sinais de deterioração. Comprova-se que a aplicação de rebocos de terra mesmo em interiores tem de ser realizada com cuidados em zonas que possam vir a ter contacto com água. A argamassa de gesso foi a que absorveu maior quantidade de água durante o ensaio.

Deste ensaios pode concluir-se que a argamassa T_{AP} não pode aplicar-se em nenhum local onde possa sofrer contacto com água; a argamassa T_E comporta-se de forma positiva quanto à ascensão de água por capilaridade. Contudo mesmo em reboco interior é necessário ter cuidado com as lavagens e com possíveis contactos com água, como por exemplo, uma janela aberta e exposta a água da chuva.

Em termos de secagem todas as argamassas apresentam bom comportamento, semelhante entre si, à exceção da argamassa de terra e cal que apresenta o pior comportamento em termos de secagem. Os valores obtidos em termos de permeabilidade ao vapor de água, para as argamassas em estudo estão dentro do esperado, sendo superiores para a argamassa de cimento, que pode constituir uma maior barreira ao vapor.

Tal como esperado, as argamassas de terra sem estabilização apresentam elevada capacidade de adsorção e desadsorção, classificando-se segundo a norma na classe WSIII, sendo que, a argamassa T_E apresenta a maior capacidade de adsorção. A argamassa de terra e cal apresentou comportamento higroscópico semelhante às argamassas de ligantes convencionais, o que condiciona a estabilização com ligantes de argamassas de terra para aplicações multifuncionais em interiores. Pode-se assim concluir que as argamassas de terra sem estabilização estudadas podem contribuir para regular a temperatura e humidade relativa no interior dos edifícios e melhorar o conforto e saúde dos ocupantes. Apesar do bom comportamento das argamassas de terra é necessário ter cuidado com a sua exposição a ambientes extremamente húmidos durante longos períodos de tempo, sem que possa ocorrer desadsorção, uma vez que essa situação pode despoletar o aparecimento de bolores, prejudiciais para a qualidade do ar interior.

A aplicação de pintura nos rebocos de cimento e de gesso mostrou ter pouca influência na higroscopicidade e na capilaridade, apresentando influência pouco significativa, mas negativa, no comportamento de secagem. .

Em termos de impacto ambiental, as argamassas de terra apresentam inúmeras vantagens quando comparadas com as restantes, Estas aplicadas em condições previamente avaliadas, apresentam boas características na melhoria da qualidade do ar interior e consequentemente na saúde dos ocupantes de edifícios.

Apesar das resistências mecânicas inferiores às argamassas de ligantes convencionais as argamassas de terra apresentam boas características para aplicação como reboco interior, que muitas vezes não necessitam de resistências mecânicas muito elevadas, tendo maior compatibilidade com paredes mais antigas ou com construção nova com paredes de relativamente baixas características mecânicas.

5.2. Trabalhos futuros

Durante o decorrer da campanha experimental surgiu a necessidade de ter realizado uma argamassa de terra, sem estabilização, com os materiais constituintes da argamassa T+CL, para melhor percepção da influência da adição de cal nesta argamassa e comparação da mesma argamassa com e sem adição de cal. Isto porque a argila é diferente da utilizada nas argamassas de terra sem estabilização, e o tipo de argila é um fator que influencia muito o comportamento das argamassas de terra. Daí as conclusões de alguns ensaios ficarem em aberto, uma vez que não se sabe se os resultados são devido às características da argila, se à adição de cal ou ao seu tipo, ou se a todas estas situações. Seria também importante conhecer o tipo de argila de todas as argamassas e nomeadamente da de terra e cal. Também teria sido favorável às conclusões saber

qual quantidade de pasta de cal adicionada. Outro aspeto interessante seria perceber a influência da adição de diferentes quantidades de cal e o seu tipo, nas argamassas de terra em estudo, para comparação com o efeito já estudado noutras terras.

A adição de fibras à argamassa T_AP é também um fator interessante a estudar, futuramente, para comparação com a T_E, a quantidade de fibras adicionadas também pode influenciar algumas características das argamassas, pelo que o estudo das argamassas com adição de diferentes percentagens de fibras também pode ser interessante.

Uma vez que apenas as argamassas de cimento e gesso, foram ensaiadas com acabamento por pintura seria interessante repetir o mesmo processo para as argamassas de terra e terra e cal, mas com produtos consolidantes superficiais, alargando a gama de ensaios realizados por exemplo aos ensaios de dureza superficial, abrasão e coesão superficial.

Referências bibliográficas

- Ashour, T., Georg, H., & Wu, W. (2011). An experimental investigation on equilibrium moisture content of earth plaster with natural reinforcement fibres for straw bale buildings. *Applied Thermal Engineering*, 31(2–3), 293–303. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2010.09.009>
- Ashour, T., & Wu, W. (2010). An experimental study on shrinkage of earth plaster with natural fibres for straw bale buildings. *International Journal of Sustainable Engineering*, 3(4), 299–304. <https://doi.org/10.1080/19397038.2010.504379>
- ASTM D2240. (2000). Standart test method for rubber property-durometer hardness. United States: ASTM.
- Bogas, J. A., Carriço, A., & Pereira, M. F. C. (2019). Mechanical characterization of thermal activated low-carbon recycled cement mortars. *Journal of Cleaner Production*, 218, 377–389. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.325>
- Brás, A., Leal, M., & Faria, P. (2013). Cement-cork mortars for thermal bridges correction. Comparison with cement-EPS mortars performance. *Construction and Building Materials*, 49, 315–327. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.08.006>
- Bruno, P., & Faria, P. (2008). Earth mortars use on neolithic domestic structures. Some case studies in Alentejo, Portugal. *Conservar Património*, 8(8), 5–12. https://doi.org/10.14568/cp8_2
- Bruno, P., Faria, P., Candeias, A., & Mirão, J. (2010). Earth mortars from pre-historic habitat settlements in south Portugal Case studies. *Journal of Iberian Archeology*, 13, 51–67.
- DIN 18947. (2013). Earth plasters- Terms and definitions, requirements, test methods (in German). Berlin: DIN.
- Drdácký, M., Lesák, J., Niedoba, K., & Valach, J. (2015). Peeling tests for assessing the cohesion and consolidation characteristics of mortar and render surfaces. *Materials and Structures*, 48(6), 1947–1963. <https://doi.org/10.1617/s11527-014-0285-8>
- E196. (1966). Especificação LNEC- Solos: Análise granulométrica. Lisboa, Portugal: LNEC.
- EN 1015-1. (1998). Methods of test for mortar for masonry - Part 1: Determination of particle size distribution (by sieve analysis). Brussels: CEN.
- EN 1015-10: 1999/A1. (2006). Methods of test for mortar for masonry - Part 10: Determination of dry bulk density of hardened mortar. Brussels: CEN.
- EN 1015-11. (1999). Methods of test formortar for masonry - Part 11: determination of flexural and compressive strenght of hardened mortar. Brussels: CEN.
- EN 1015-12. (2000). Methods of test for mortar masonry- Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates. Bru: CEN.
- EN 1015-18. (2002). Methods of test for mortar for masonry- Part 18: Determination of water absorption coefficient due to capillary action of hardened mortar. Brussels: CEN.
- EN 1015-3: 1999/A1. (2004). Methods of test for mortar for masonry - Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table). Brussels: CEN.
- EN 1015-3:1999/A2. (2006). Methods of test for mortar for masonry- Part 3: Determination of consistence of fresh mortar (by flow table). Brussels: CEN.
- EN 1015-4. (1998). Methods of test for mortar for masonry-Part 4: Determination of consistence of fresh mortar (by plunger penetration). Brussels: CEN.

- EN 1015-6. (1998). Methods of test for mortar for masonry- Part 6: Determination of bulk density of fresh mortar. Brussels: CEN.
- EN 15801. (2009). Conservation of cultural property- Test methods- Determination of water absorption by capillarity. Brussels: CEN.
- EN 15803. (2009). Conservation of cultural property- Test methods- Determination of water vapour permeability. Brussels: CEN.
- EN 16302. (2013). Conservation of cultural heritage - Test methods - Measurement of water absorption by pipe method. *En 16302:2013*. Brussels: CEN.
- EN 16322. (2013). Conservation of Cultural Heritage- Test methods- Determination of drying properties. Brussels: CEN.
- EN 998-1. (2010). Specification for mortar for masonry- Part 1: Rendering and plastering mortar. Brussels: CEN.
- EN NP 1097-3. (2000). Ensaios para determinação das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 3: Método para determinação da massa volúmica e dos vazios. Portugal: IPQ.
- Faria, P. (2012). Argamassas sustentáveis. *2ª Conferência Construção e Reabilitação Sustentável de Edifícios No Espaço Lusófono*, 1–12.
- Faria, P. (2016). Argamassas de terra e cal - Características e campos de aplicação. In *V Jornadas FICAL – Fórum Ibérico da Cal, Lisboa, 23-25 de Maio* (pp. 277–286). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/318596723_Marmorite_-_contributo_para_a_correta_conservacao_este_duravel_revestimento_de_paredes_Marmorite_-_contribution_to_a_proper_preservation_of_a_durable_wall_coating
- Faria, P., & Lima, J. (2018). *Rebocos de Terra*. Lisboa: ARGUMENTUM, Edições.
- Faria, P., Santos, T., & Aubert, J.-E. (2016). Experimental Characterization of an Earth Eco-Efficient Plastering Mortar. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 28(1), 04015085. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001363](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001363)
- Freire, M. T., Veiga, M. do R., Santos Silva, A., & Brito, J. De. (2019). Studies in ancient gypsum based plasters towards their repair: Physical and mechanical properties. *Construction and Building Materials*, 202, 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.214>
- Gomes, M. I. (2012). Evaluación de la influencia del contenido de agua en la trabajabilidad del mortero de tierra. *Apuntes: Revista de Estudios Sobre Patrimonio Cultural - Journal of Cultural Heritage Studies*, 25(2), 258–277.
- Gomes, M. I., Faria, P., & Gomes, J. (2017). Regulação da qualidade do ar interior através da utilização de argamassas eco- eficientes. In *Encontro Nacional iiSBE Portugal “Reabilitação Urbana e Sustentabilidade – do Edifício para a Escala Urbana.”* Lisboa.
- Gomes, M. I., Faria, P., & Gonçalves, T. D. (2016). Characterization of earth-based mortars for rammed earth repair, 1.
- Gomes, M. I., Faria, P., & Gonçalves, T. D. (2018). Earth-based mortars for repair and protection of rammed earth walls. Stabilization with mineral binders and fibers. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2401–2414. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.170>
- Gomes, M. I., Faria, P., & Gonçalves, T. D. (2019). Rammed earth walls repair by earth-based mortars: The adequacy to assess effectiveness. *Construction and Building Materials*, 205, 213–231.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.222>

- Gomes, M. I., Gonçalves, T. D., & Faria, P. (2016). Hydric Behavior of Earth Materials and the Effects of Their Stabilization with Cement or Lime: Study on Repair Mortars for Historical Rammed Earth Structures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 28(7), 04016041. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)MT.1943-5533.0001536](https://doi.org/10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001536)
- Grilo, J., Faria, P., Veiga, R., Santos Silva, A., Silva, V., & Velosa, A. (2014). New natural hydraulic lime mortars – Physical and microstructural properties in different curing conditions. *Construction and Building Materials*, 54(March), 378–384. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.12.078>
- Hamard, E., Morel, J.-C., Salgado, F., Marcom, A., & Meunier, N. (2013). A procedure to assess the suitability of plaster to protect vernacular earthen architecture. *Journal of Cultural Heritage*, 14(2), 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2012.04.005>
- ISO 12572. (2001). Hygrothermal performance of building materials and products- Determination of water vapour transmission properties. Geneva, Switzerland: ISO.
- Krejcirikova, B., Kolarik, J., & Wargocki, P. (2018). The effects of cement-based and cement-ash-based mortar slabs on indoor air quality. *Building and Environment*, 135(March), 213–223. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.011>
- Lima, J., Correia, D., & Faria, P. (2016). Rebocos de terra: influência da adição de gesso e da granulometria da areia. In *II Simpósio de argamassas e soluções térmicas de revestimento*. Coimbra, Portugal.
- Lima, J., & Faria, P. (2016). Eco-Efficient Earthen Plasters: The Influence of the Addition of Natural Fibers. In R. Figueiro & S. Rana (Eds.), *RILEM Bookseries* (Vol. 12, pp. 315–327). Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7515-1_24
- Lima, J., Faria, P., & Santos Silva, A. (2016). Earthen Plasters Based on Illitic Soils from Barrocal Region of Algarve: Contributions for Building Performance and Sustainability. *Key Engineering Materials*, 678, 64–77. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.678.64>
- Lima, J., Faria, P., & Santos Silva, A. (2020). Earth Plasters: The Influence of Clay Mineralogy in the Plasters' Properties. *International Journal of Architectural Heritage*, 00(00), 1–16. <https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1727064>
- Lima, J., Faria, P., & Silva, A. S. (2019). Earth-based plasters : the influence of clay mineralogy. *Earth-Based Plasters: The Influence of Clay Mineralogy. In Proceedings Pro130 : 5th Historic Mortars Conference HMC2019*, 3(1), 21–35.
- Lima, J., Ferreira, M., & Faria, P. (2017). Rebocos de terra: caracterização higroscópica e face à presença de água líquida Earth-based plasters: hygroscopic and liquid water characterization. In *Congresso de Reabilitação do Património* (pp. 1–11). Aveiro.
- Lima, J., Silva, S., & Faria, P. (2016). Rebocos de terra: influência da adição de óleo de linhaça e comparação com rebocos convencionais. *Teste 2016 - 1º Congresso de Ensaios e Experimentação Em Engenharia Civil*, 1–8.
- Malanho, S., & Veiga, R. (2010). Análise do comportamento mecânico em laboratório e in situ de revestimentos pré-doseados de cimento. *3º Congresso Português de Argamassas de Construção, APFAC*. Lisboa: LNEC.
- NP-83. (1965). Solos - Determinação da densidade das partículas. Lisboa, Portugal.

- NP EN 1015-19. (2000). Métodos de ensaio de argamassas para alvenaria Parte 19: Determinação da permeabilidade ao vapor de água de argamassas de reboco endurecidas. Caparica, Portugal: IPQ.
- NP EN 14146. (2006). Métodos de ensaio para pedra natural Determinação do módulo de elasticidade dinâmico (através da medição da frequência de ressonância fundamental). Portugal: IPQ.
- NP EN 998-1. (2010). Especificações de argamassas para alvenarias - Parte 1: Argamassas para rebocos interiores e exteriores. Caparica: IPQ.
- Remédios, N., & Faria, P. (2016). Avaliação de sistemas de acabamento para rebocos de edifícios antigos. *Rehabend*, 2016-May, 1260–1268.
- Santos, T., & Faria, P. (2015). Avaliação de argamassas de terra para rebocos interiores. *Tech ITT Revista Internacional*, 13(36), 18–30. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10362/16577>
- Santos, T., Faria, P., & Silva, A. S. (2017). In situ evaluation of the behaviour of earth-based mortar renders with low additions of limes. *Conservar Património*, 26, 11–21. <https://doi.org/10.14568/cp2016022>
- Santos, T., Faria, P., & Silva, V. (2019). Can an earth plaster be efficient when applied on different masonries? *Journal of Building Engineering*, 23, 314–323. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.02.011>
- Santos, T., Gomes, M. I., Coelho, F., & Faria, P. (2018). Eco-efficient earth plasters: influence of clay content, sand particle size and support. *Journal of World Architecture*, 2(6), 1–12. <https://doi.org/10.26689/jwa.v2i6.634>
- Santos, T., Gomes, M. I., Coelho, F., & Faria, P. (2019). Earth-based and current plasters: assessment of efficiency and contribution to indoor air quality.
- Santos, T., Gomes, M. I., & Faria, P. (2018). Argamassas ecoeficientes para a regulação da qualidade do ar interior. In 3.º *Simpósio: Argamassas e soluções térmicas de revestimento*. Coimbra, Portugal.
- Santos, T., Nunes, L., & Faria, P. (2017). Production of eco-efficient earth-based plasters: Influence of composition on physical performance and bio-susceptibility. *Journal of Cleaner Production*, 167, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.131>
- Varela, N., & Vieira, F. S. (2005). Cimento: Uma matéria-prima essencial no fabrico de argamassas. 1º *Congresso Nacional de Argamassas de Construção*, 1–11.
- Vissac, A., Bourguès, A., Gandreau, D., Anger, R., & Fontaine, L. (2017). *Argiles & Biopolymères*.
- Zak, P., Ashour, T., Korjenic, A., Korjenic, S., & Wu, W. (2016). The influence of natural reinforcement fibers, gypsum and cement on compressive strength of earth bricks materials. *Construction and Building Materials*, 106, 179–188. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.031>

Anexos

A.1. Fichas técnicas

Argamassa pré-doseada da Embarro

ARGAMASSA EMBARRO UNIVERSAL	
Informação do produto	2018-08
PROPRIEDADES Argamassa à base de argila, pronta a aplicar, para interiores. Aplicada manualmente ou com máquina de projetar. A densidade é de aproximadamente 1800 kg/m ³ .	Para evitar fissuras e gretas, a argamassa deve ser aplicada em várias camadas, sempre que tenha uma espessura superior a 30mm, ou quando é necessário regularizar grandes irregularidades na superfície ou quando se usa rede. Antes de aplicar uma camada adicional, a camada anterior deve estar completamente seca. A rede usa-se como um reforço do reboco que se posiciona entre os primeiros dois terços e o último terço do revestimento e pode ser de fibra de vidro ou de juta por exemplo, e com malhas não superiores a 7mm x 7mm. Dependendo do momento em que é trabalhada a superfície, é possível obter estruturas diferentes. Em geral, a textura será mais fina quanto mais tarde se passar a telocha para alisar. É possível obter uma superfície mais lisa mediante um trabalho posterior com uma espátula de metal.
COMPOSIÇÃO (DECLARAÇÃO COMPLETA) Barro partido, areia mista 0-2 mm e palha <10mm.	TEMPO DE TRABALHO/SECAGEM A argamassa pode ser usada durante vários dias. Pode ser necessário adicionar mais água. Como os rebocos de barro contêm materiais orgânicos (palha) e são aplicados molhados, má ventilação pode levar a criação de bolor. Se for este o caso pode ser considerado o uso de ventilação forçada. Uma vez totalmente seco o reboco não é suscetível de criar bolor.
TAMANHO DOS RECIPIENTES Disponível em Big bags de 1.000 kg (Art. EMB01) e baldes reutilizáveis de 25kg (Art. EMB02).	ACABAMENTO O reboco EMBARRO Universal pode ser revestido com Tintas de Barro, Caseína e Silicato de Sódio Componentes de KREIDEZEIT para manter a sua capacidade de absorção. Também o DECOFINO EMBARRO mantém perfeitamente as propriedades do EMBARRO Universal.
ARMAZENAMENTO Guardar em local seco. Se for mantido seco pode ser guardado por tempo ilimitado.	<i>As presentes informações foram reunidas com base na nossa experiência e conhecimentos. Devido aos métodos de aplicação e às influências ambientais, bem como às diversas características das superfícies, não podem ser assumidas responsabilidades ou obrigações legais relativamente às recomendações individuais. A validade do texto termina com revisões ou modificações do produto. As informações atualizadas sobre o produto podem ser obtidas diretamente em www.embarro.com ou pode entrar em contacto conosco diretamente através do nosso e-mail info@embarro.com.</i>
RENDIMENTO 100 kg de EMBARRO Universal seco rendem aprox. 62 l de argamassa pronta a usar. Com este material é possível cobrir uma superfície de aprox. 6 m ² com uma espessura de 1 cm.	PREPARAÇÃO DA SUPERFÍCIE A superfície deve estar firme, limpa, sem restos de películas oleosas e suficientemente rugosa para proporcionar uma boa base uma vez que o reboco EMBARRO Universal - como todos os rebocos de barro - adere apenas mecanicamente. Rebocos de barro velhos devem ser molhados antes de aplicar uma capa nova de EMBARRO Universal. Outras superfícies só precisam de ser molhadas para prolongar o tempo de trabalho do material. O reboco é aplicado com uma colher de pedreiro ou com uma máquina de projetar. O modo de aplicação é o mesmo que com uma argamassa convencional. No caso de aplicar uma só camada, esta pode ter até 30mm de espessura.
UTILIZAÇÃO Reboco de interior de camada única ou de várias camadas. É adequado para aplicar sobre qualquer tipo de construção sólida, eventualmente é necessário preparar uma ponte de aderência com GekkoSOI Grosso (Art. 1.135). Pode ser misturado com uma betoneira, misturadora ou máquina de projetar, adicionar aprox. 20% de água.	

CASA DA COR
 Representante Oficial de KREIDEZEIT e EMBARRO
 em Portugal e Espanha
www.embarro.com - info@embarro.com

Argamassa RHP Manual interior da Secil Argamassas

RHP Manual Interior

REBOCO MANUAL EM CAMADA SIMPLES

1. DESCRIÇÃO

O **RHP Manual Interior** é uma argamassa seca, formulada a partir de ligantes hidráulicos, agregados calcários e silíceos e adjuvantes, destinada à execução de rebocos em interiores.

O **RHP Manual Interior** é um reboco clássico vocacionado para aplicação manual sendo apropriado para obtenção de acabamento areado ou receção de estanhados para posterior pintura.

2. DOMÍNIO DE UTILIZAÇÃO

O **RHP Manual Interior** é indicado na execução de rebocos de acabamento em superfícies interiores das paredes e tetos, quando se pretende finalizar com uma pintura. Devido à sua granulometria fina, permite a obtenção de acabamento areado fino ou receção de estanhados.

Também pode constituir suporte a determinados tipos de revestimentos aplicados através de sistemas de colagem ou fixação mecânica, neste caso, recomenda-se o conhecimento de toda a informação técnica sobre materiais selecionados e a consulta dos nossos Serviços Técnicos para aferir a compatibilidade da solução.

O **RHP Manual Interior** substitui os rebocos tradicionais com as seguintes vantagens:

- Controlo da fissuração por retração das argamassas hidráulicas;
- Aplicação em sistemas de camada única.

O **RHP Manual Interior** deve ser aplicado sobre uma camada de

chapisco ou salpico, Argamassa de Chapisco em suportes de betão ou de alvenaria de tijolo, bloco ou outros.

3. CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO

PRODUTO EM PÓ	Saco	VALOR	Granul	NORMA
Aspecto	Pó cinzento		-	
Granulometria	< 1,2 mm		< 1,5 mm	EN 1015-1
PRODUTO EM PASTA	Saco	VALOR	Granul	NORMA
Água de amassadura	14,5 ± 0,5 %		13,5 ± 1,0 %	-
Ar contido	23,0 ± 5,0 %		20,0 ± 5,0 %	EN 1015-7
Consumo teórico	15 kg/m ² /cm		-	-
PRODUTO ENDURECIDO	Saco	VALOR	Granul	NORMA
Resistência à compressão		Classe C5 II		EN 1015-11
Aderência ao tijolo e bloco / Modo de fratura		0,2 MPa / A e B		EN 1015-12
Massa volumica	1600 ± 100 kg/m ³		1450 ± 100 kg/m ³	EN 1015-10
Permeabilidade ao vapor de água		6,25 µ		EN 1015-19
Resistência ao fogo		Classe A1		EN 988-1
Condutibilidade térmica (λ<20°C)		0,81 W/(m.K)		NP EN 1745

4. APLICAÇÃO

Preparação de suportes

Os suportes devem estar limpos de poeiras, desflorescências, matérias desagregadas ou instáveis, eflorescências, bem como, de qualquer tipo de material que afete as normais condições de aderência.

Em tempo quente ou seco o suporte deve ser saturado com água iniciando-se a sua aplicação quando este se mostrar seco superficialmente.

Em áreas, particularmente em cumbrilhos dos edifícios e ombreiras de vão, aconselha-se a aplicação de perfil adequado.

Preparar os suportes mediante a aplicação de chapisco ou salpico utilizando a Argamassa de Chapisco.

Em aplicações sobre suportes antigos ou em operações de reabilitação de edifícios supermuros a consulta prévia dos nossos Serviços Técnicos.



Suporte com Argamassa de Chapisco



Aplicação de RHP Manual Interior



Acabamento de superfície final

Preparação da mistura

O **RHP Manual Interior** deve ser amassado em equipamento de amassadura contínua do produto.

Em máquinas sem dosamento automático de água amassar o **RHP Manual Interior**, na proporção de 4,0 a 4,5 litros de água por saco de 30 kg.

Em máquinas com dosamento automático de água regular o caudal mínimo que permita uma boa trabalhabilidade.

Aplicação

O **RHP Manual Interior** deve ser aplicado manualmente, assegurando-se sempre que possível a execução de juntas completas. No caso da necessidade de realização de juntas, a retoma do trabalho deve ser realizada num prazo máximo de 12 horas.

Após a aplicação de argamassa o reboco deve ser convenientemente apertado.

Deve proceder-se ao reforço dos rebocos em áreas de transição entre diferentes materiais do suporte, tal como, entre, cumbrilho, nos vértices de vãos e em painéis esboçados, com rede de fibra de vidro, com tratamento anti-álcalis, com a secção e malha adequadas. As malhas de reforço devem estar convenientemente embeladas na espessura do reboco, pelo que a sua

aplicação deve ser realizada conforme se indica:

- ▶ Aplicar no mínimo 60 a 70% da camada de **RHP Manual Interior** no suporte;
- ▶ Embalar convenientemente a rede de reforço na camada aplicada;
- ▶ Aplicar a argamassa necessária até obter a espessura adequada, assegurando que a camada inferior se mantém trabalhável.

A superfície final do **RHP Manual Interior** deve ser talhada para o recebimento de estanhados. A posterior execução da técnica de espionamento permite a obtenção do acabamento areado fino.

Após um período de secagem recomendável de 28 dias o **RHP Manual Interior** deve rapidamente receber um esquema de pintura adequado.

Espessuras

Na aplicação do **RHP Manual Interior** deve assegurar-se uma espessura total mínima de 1 cm de forma a garantir o normal funcionamento do reboco. Em casos particulares, especialmente em zonas de significativa humidade e exposição a ventos, aconselha-se a execução de uma espessura total mínima de 2,5 cm.

De forma a evitar a fissuração por descimento das argamassas não devem ser aplicadas camadas com espessuras superiores a 2 cm.

Sempre que se tome necessário proceder à execução de espessuras superiores a 2 cm, este deve ser conseguido através de aplicação de camadas sucessivas onde se deve respeitar as seguintes indicações:

- ▶ Aplicar espessuras superiores a 1 cm e inferiores a 2 cm;

▶ As diferentes camadas devem apresentar espessuras idênticas entre si;

▶ A 2ª camada deve ser aplicada após o final de presa da primeira (intervalo de aplicação de 12h a 24h dependendo das condições atmosféricas);

▶ Em espessuras superiores a 4 cm, devem reforçar-se as camadas com redes de reforço em fibra de vidro, com tratamento anti-álcalis.

Restrições

O **RHP Manual Interior** não deve ser aplicado a temperaturas ambiente e de suporte inferiores a 5 °C e superiores a 30 °C. O seu tempo de cura é de 28 dias.

Em tempo quente e/ou seco ou no caso de suportes expostos à ação direta dos raios solares, deve

Secil Argamassas

Secil Martinsganga, S.A.
Apoio ao Cliente: Apartado 2 | 2406 - 909 - Macieira - Lda - Portugal
Tel: +351 244 770 220 | Fax: +351 244 777 987 | E-mail: comercial@secilargamassas.pt



1/3
www.secilargamassas.pt

Secil Argamassas

Secil Martinsganga, S.A.
Apoio ao Cliente: Apartado 2 | 2406 - 909 - Macieira - Lda - Portugal
Tel: +351 244 770 220 | Fax: +351 244 777 987 | E-mail: comercial@secilargamassas.pt



2/3
www.secilargamassas.pt

RHP Manual Interior

REBOCO MANUAL EM CAMADA SIMPLES

humedecer-se previamente o suporte iniciando a aplicação quando este se mostrar seco superficialmente.

Nestas condições deve proceder-se à rega diária das superfícies executadas, durante uma semana, de forma a manter os rebocos permanentemente humedecidos.

A aplicação na presença de ventos fortes pode provocar a fissuração do reboco. Neste caso proceder à proteção dos paramentos de modo a minimizar os efeitos da ação do vento.

Conselhos complementares

- ▶ A água de amassadura deve ser isenta de impurezas (argila, matérias orgânicas), devendo, de preferência, ser potável;
- ▶ Não deve ser aplicada qualquer argamassa que tenha iniciado o processo de presa. Não amolecer as argamassas pela adição de água, após preparação;
- ▶ Não adicionar quaisquer outros produtos à argamassa, devendo o **RHP Manual Interior**, ser aplicado tal como é apresentado na sua embalagem de origem.

5. EMBALAGEM E VALIDADE

Embalagem

Sacos de papel de 30 kg em paletes plastificados de 54 sacos.



Validade

6 meses desde que permaneçam inalteradas as condições de embalagem original e em condições de armazenagem ao abrigo de temperaturas extremas e de humidade

6. PRODUTOS ASSOCIADOS

Argamassa de Chapisco (Argamassa para execução de camada de aderência)

- ▶ SecITEX PK 06 (Pasta de estanho cinzenta)
- ▶ SecITEX PK 08 (Pasta de estanho de gesso)
- ▶ SecITEX PK 10 e PK 15 (Acabamento areado fino)

7. HIGIENE E SEGURANÇA

(NÃO DEPENSA A CONSULTA DA FICHA DE SEGURANÇA DO PRODUTO)

- ▶ Irritante para os olhos, vias respiratórias e pele;
- ▶ Pode causar sensibilização em contacto com a pele;
- ▶ Não respirar as poeiras;

- ▶ Evitar o contacto com a pele e os olhos;
- ▶ Em caso de contacto com os olhos, lavar imediatamente e abundantemente com água e consultar um especialista;
- ▶ Usar vestuário de proteção e luvas adequadas;
- ▶ Conservar fora do alcance das crianças.

Estando as condições de aplicação das nossas pastas fora do nosso alcance não nos responsabilizamos pelo seu incorreto utilização. É dever do cliente verificar a idoneidade do produto para o fim previsto. Em qualquer caso o nosso responsabilidade está limitada ao valor da mercadoria por nós fornecida. A informação constante da presente ficha pode ser alterada sem aviso prévio. Em caso de dúvida, e se pretender esclarecimentos complementares solicite o contacto com os nossos serviços técnicos.

Revisão de Agosto de 2017
T.C.E. 1.007.11



RHP Manual Interior
EN 998-1:2010
Argamassa de reboco de uso geral (GP) para revestimentos interiores.
Declaração de desempenho TCE.0007 (sacos) / TCE.0098 (granul)

Secil Argamassas

Secil Martinsganga, S.A.
Apoio ao Cliente: Apartado 2 | 2406 - 909 - Macieira - Lda - Portugal
Tel: +351 244 770 220 | Fax: +351 244 777 987 | E-mail: comercial@secilargamassas.pt



3/3
www.secilargamassas.pt

Argamassa Project 2010 da Sival







DESCRIÇÃO DO PRODUTO

PROJECT 2010 é um produto com base em gesso, cargas minerais, partículas e adjuvantes, de cor branca, excelente rendimento, excelente trabalhabilidade e durável.

É comercializado em forma de pó pronto a amassar mecanicamente com água, para aplicação por projeção, em camada única.

UTILIZAÇÃO

Indicado para o revestimento de paramentos interiores de paredes e tetos, pode ser aplicado diretamente sobre a generalidade dos suportes que o concreto, nomeadamente avarias de tipo não rebocadas, sendo aplicado em áreas de betão de agregado de cimento, constituindo a camada de regularização.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Resistência mecânica à flexão (*) > 1 MPa
Resistência mecânica à compressão (*) > 2 MPa
Dureza Shore C (*) > 50

(*) Valores obtidos ao fim de 28 dias, em amostra preparada em laboratório.

EMBALAGEM

Sacos de papel de 20 kg, 25 kg ou a granel.

Tempo de uso da massa: existe em 3 versões, com tempos de presa ajustados às diferentes formas de trabalhar (**).

Curta: 2h - 2h30min
Normal: 2h30min - 3h30min
Longo: 3h30min

(**) Valores indicados, sujeitos a alterações técnicas e sempre que aplicadas a situações de suporte, temperatura ambiente e ventilação.

Consumo: 1,95 kg/m² para revestimentos com uma espessura média de 10 mm. (**)

(**) Valores obtidos em laboratório.

Reação ao fogo: Classe A1

PROJECT 2010 MASSAS DE ESTUQUE PROJETADAS

CONDIÇÕES A SATISFAZER PELOS SUPORTES NO MOMENTO DA APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO

Os suportes devem estar já devidamente estabilizados, tendo saído a parte mais significativa da sua retração de secagem inicial.

Devem estar isentos de partículas aderentes, produtos pulverulentos, sais e gorduras.

Se o suporte for muito absorvente, recomendando-se o seu humedecimento prévio, a fim de melhorar a aderência e evitar a formação de fissuras.

Em suportes muito lisos e compactos e/ou onde tenham sido aplicados descalcantes.

(ex: alguns betões moldados em obra, devem criar-se as condições necessárias de aderência, através da picagem da superfície ou da aplicação prévia de um produto próprio para o efeito, de eficácia comprovada).

A temperatura do suporte deve situar-se entre 5 e 30 °C.

Nas juntas ou em fissuras, não estabilizadas, recomendando-se a utilização de rede de fibra de vidro.

APLICAÇÃO

1. O produto é aplicado por projeção mecânica, em faixas horizontais sucessivas.

2. Logo após a aplicação, a massa é espalhada e alisada com régua de alumínio, tomando como referência as mestras previamente executadas; cerca de 1h a 1h30m depois, quando a massa já iniciou o endurecimento e começa a ganhar consistência, o revestimento é novamente alisado e espartado com régua de alumínio, de forma a reduzir significativamente a fissuração na fase de secagem e aumentar a resistência mecânica.

3. Cerca de 2 a 3 horas depois, quando já se encontra quase endurecida, é espartado e raspado com uma talocha metálica (lisa), para melhor regularização e para evitar que algumas zonas fiquem "vidradas", o que prejudicaria fortemente a aderência da camada de acabamento e a qualidade da pintura.





PROJECT 2010 MASSAS DE ESTUQUE PROJETADAS

ACABAMENTO

A finalização do revestimento deve ser feita com MASSA DE ACABAMENTO SIVAL, aplicada manualmente, com talocha metálico, em camada pelicular, após o endurecimento da camada subjacente (habitualmente cerca de 4 a 5 horas, em condições atmosféricas normais). Para melhor aderência recomenda-se que o intervalo que decorre entre a finalização da camada de regularização e a aplicação da camada de acabamento, não exceda 24h, exceto nos casos onde as condições de secagem das massas, sejam afetadas por suportes pouco absorventes, espessuras de enchimento na ordem dos 20 mm, ou mais, e falta de arejamento. Nestas condições, a massa de acabamento só deve ser aplicada na data seguinte, de forma a permitir uma melhor secagem, nas primeiras horas, da massa de enchimento.

ESPESSURA DE ENCHIMENTO

A espessura recomendada para o revestimento PROJECT 2010 aplicado em camada única, é da ordem de 10 a 15 mm, podendo, em caso ocasional, até um máximo de 20 mm. A aplicação em espessuras superiores não é recomendada.

CONDIÇÕES DE SECAGEM DO REVESTIMENTO

Após a execução do revestimento de gesso e antes de receber a pintura, ou outro tipo de acabamento final, é essencial que a obra permaneça aberta e em franca corrente de ar durante algumas semanas (dependendo das condições climáticas), de forma a permitir a sua correta secagem.

TEMPERATURA DE APLICAÇÃO

O revestimento não deve ser aplicado a temperaturas inferiores a 5 °C, nem superiores a 40 °C.

ÁGUA DE AMASSADURA

A água de amassadura deve ser potável e isenta de qualquer impureza e a sua temperatura deve situar-se entre 15 e 25 °C, preferencialmente.

ARMAZENAMENTO

O armazenamento deve ser feito, de preferência, em local seco e medianamente ventilado, mantendo o produto nas embalagens de origem.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Não adicionar qualquer outro produto ao PROJECT 2010, devendo este ser aplicado tal como é apresentado na sua embalagem de origem.

Validade do produto - 6 a 9 meses, dependendo das condições de armazenamento.

Uma vez que as condições de manuseamento e aplicação das massas Project 2010, estão fora do nosso controlo, a nossa responsabilidade é unicamente a qualidade do produto, não compreendendo qualquer garantia decorrente do seu uso posterior.

PROJECT 2010 MASSAS DE ESTUQUE PROJETADAS

Massa de acabamento para reboco da Sival



MASSA DE ACABAMENTO



DESCRIÇÃO DO PRODUTO
MASSA DE ACABAMENTO é um produto com base em gesso, cargas minerais e adjuvantes de cor branca. É comercializado em forma de pó muito fino pronto a amassar mecanicamente com água, para aplicação manual.

EMBALAGEM
Sacos de papel de 25 kg e 5 kg.

UTILIZAÇÃO
Indicado para o acabamento de paredes e tetos, habitualmente revestidos com massas a base de gesso, manuais ou projetados, rebocos de cimento ou cimento/cal. Deve ser aplicado com talocha metálica (lisa), em camada muito fina.

pode também ser usada em intervenções de conservação e reabilitação de revestimentos interiores de paredes, para a reparação de fissuras e bolormentos em camada pelicular.

Em ambos os casos, pode obter-se um acabamento branco caso esteja baseado em elevada durabilidade e prestações mecânicas superiores. Existe, também, uma excelente compatibilidade entre este material e os normalmente usados nos suportes antigos, razão pela qual tem sido amplamente usado neste tipo de intervenções.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
Resistência mecânica à flexão (*) > 2,0 MPa
Resistência mecânica à compressão (*) > 35 MPa
Dureza Shore C (*) > 60
(*) Valores obtidos ao fim de 28 dias, em amostras preparadas em laboratório.

Tempo de uso da massa (*)
Queda: 20 min - 35 min
Normal: 2h - 4h
(*) O tempo de uso pode sofrer variações em função da consistência do pó e das condições de aplicação em obra (temperatura, ventilação, etc.).

Consumo: 0,8 a 1 kg/m² dependendo do método de aplicação, normalmente do número de camadas (**)
(**) Valores obtidos em laboratório.

Reação ao fogo: Classe A1

MASSA DE ACABAMENTO - SISTEMA THERMO C

CONDIÇÕES A SATISFAZER PELOS SUPORTES NO MOMENTO DA APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO

Os suportes devem estar isentos de partículas aderentes, produtos pulverulentos, salitre gordurosos, completamente secos na altura da aplicação da MASSA DE ACABAMENTO.

Sobre outros produtos com base em gesso natural, recomenda-se a sua aplicação logo após o endurecimento destes ou, no máximo, até 24h depois, exceto nos casos onde as condições de secagem das massas sejam afetadas por suportes pouco absorventes, espessuras de enchimento na ordem dos 20 mm ou mais, e falta de arejamento. Nestas condições, a massa de acabamento só deve ser aplicada na data seguinte, de forma a permitir uma melhor secagem nas primeiras horas, da massa de enchimento.

Sobre rebocos com base em cimento/cal, recomenda-se previamente a aplicação, devendo estes estar não só endurecidos, como

Nesse caso, é recomendável proceder ao seu humedecimento prévio com água limpa, para melhorar a aderência entre as duas camadas e evitar a formação de fissuras.

A mesma recomendação é feita para qualquer outro suporte muito absorvente.

Em suportes téis e compactos, devem criar-se as condições necessárias de aderência, através da plicagem da superfície ou da aplicação prévia de um produto próprio para o efeito, de eficácia comprovada.

A temperatura do suporte deve situar-se entre 5 °C e 30 °C.

APLICAÇÃO

Num baldete limpo, com água limpa, diluir o produto lentamente, até à solução (equivalente a cerca de 14 kg a 15 kg de massa em 1 l de água).

Deixar repousar 2 a 3 minutos e misturar com um berbequim com hélice, até obter uma massa homogênea.

2.l água oxalada amassadura, é aplicada com uma talocha metálica (lisa), em várias demãos, formando uma camada pelicular com cerca de 1 mm de espessura.

MASSA DE ACABAMENTO - SISTEMA THERMO C

ESPESSURA DE ENCHIMENTO

A espessura máxima recomendada para a aplicação da MASSA DE ACABAMENTO é de cerca de 2 mm.

TEMPERATURA DE APLICAÇÃO

A MASSA DE ACABAMENTO não deve ser aplicada a temperaturas inferiores a 5 °C, nem superiores a 40 °C.

ÁGUA DE AMASSADURA

A água de amassadura deve ser potável e isenta de quaisquer impurezas, e a sua temperatura deve situar-se entre 5 °C e 25 °C, preferencialmente.

ARMAZENAMENTO

O armazenamento deve ser feito, de preferência, em local seco e medianamente ventilado, mantendo o produto nas embalagens de origem.

INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Não adicionar quaisquer outros produtos à MASSA DE ACABAMENTO, devendo esta ser aplicada tal como é apresentada na sua embalagem de origem.

Assim que a mistura começar a fazer presa, não pode mais ser utilizada.

Validade do produto: 6 a 9 meses, dependendo das condições de armazenamento.

Uma vez que as condições de manuseamento e aplicação das massas produzidas estão fora do nosso controlo, a nossa responsabilidade limita-se unicamente à qualidade das mesmas, não contemplando qualquer anomalia decorrente do seu uso indevido.

MASSA DE ACABAMENTO - SISTEMA THERMO C

A.2. Resultados individuais dos ensaios

Quadro A.1. Resultados do ensaio de determinação da baridade

	Massa recipiente [g]	Volume recipiente [dm ³]	Massa [g]			Baridade [g/dm ³]				Baridade [kg/dm ³]	
			Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média[g/dm ³]	Média [kg/dm ³]	Desvio-Padrão [kg/dm ³]
Argila T_AP	670,4	0,749	1716,7	1712,3	1720,5	1396,93	1391,05	1402,00	1396,66	1,40	0,01
Argila T+CL	172	1,5	2201	2209	2225	1352,67	1358,00	1368,67	1359,78	1,36	0,01
Areia Branca (T_AP)	-	0,749	899,2	897,2	903,3	1200,53	1197,86	1206,01	1201,47	1,20	0,00
Areia de Rio (T_AP e T+CL)	172	1,5	2242	2248	2255	1380,00	1384,00	1388,67	1384,22	1,38	0,00
Pó calcário (T+CL)	172	1,5	2573	2587	2584	1600,67	1610,00	1608,00	1606,22	1,61	0,00
T_E	-	0,749	1014,8	1030,2	1043,8	1354,87	1375,43	1393,59	1374,63	1,37	0,02
G	670,4	0,749	1281,8	1283,3	1268,3	816,29	818,29	798,26	810,95	0,81	0,01
C	670,4	0,749	1796,4	1794,6	1795,2	1503,34	1500,93	1501,74	1502,00	1,50	0,00

Quadro A.2. Resultados do ensaio de determinação da densidade das partículas

	Picnómetro	m ₁	m ₂	t ₁	t ₂	d ₄ ^{tt}	d ₄ ^{tn}	m ₃	m ₄	m ₅	k	d ₂₀ ^{tn}	Média
T_AP	7	45,67	149,94	20°C	19°C	0,99823	0,99843	149,961	25,00	165,80	1,00	2,73	2,68
	34	44,25	152,75					152,772	25,00	168,30	1,00	2,64	
T_E	36	42,45	152,53					152,552	25,00	168,50	1,00	2,76	2,73
	37	42,83	153,11					153,132	25,00	168,90	1,00	2,71	
PC	57	43,79	148,83					148,851	25,00	164,60	1,00	2,70	2,72
	73	43,90	148,28					148,301	25,00	164,20	1,00	2,75	
T+CL	78	39,62	147,19					147,212	25,00	162,80	1,00	2,66	2,66
	89	44,67	145,98					146,000	25,00	165,80	1,00		

Quadro A.3. Resultados do ensaio de determinação do teor de água

T_AP		T+CL		T_E			C				G			
Caixa de Petri (g)	Massa Seca (g)	Caixa de Petri (g)	Massa Seca (g)	Caixa de Petri (g)	Massa Seca (g)	Teor de água [%]	Caixa de Petri (g)	Massa Húmida (g)	Massa Seca (g)	Teor de água [%]	Caixa de Petri (g)	Massa Húmida (g)	Massa Seca (g)	Teor de água [%]
29,29	43,60	29,29	75,62	29,40	52,75	14,46	29,25	65,98	61,70	13,21	18,76	40,99	34,35	42,59
28,62	47,93	30,30	70,52	30,45	59,98	14,41	28,58	72,71	67,67	12,90	18,73	51,79	41,95	42,39
12,81	31,36	28,59	57,63	28,77	57,53	14,71	30,29	63,96	59,01	17,23	12,81	71,84	53,75	44,18
	Média		Média		Média	14,53			Média	14,45			Média	43,05
	DP		DP		DP	0,16			DP	2,42			DP	0,98

Quadro A.4. Resultados do ensaio de determinação da consistência por espalhamento

	T_AP		T+CL		T_E		C	
1º direcção	122	147	153,1	151,89	136	120	133	149
2º direcção	118	156	154,62	152,16	121	122	121	150
	Média	135,8	Média	152,9	Média	124,8	Média	138,3
	DP	18,6	DP	1,2	DP	7,5	DP	13,9

Quadro A.5. Resultados do ensaio de determinação da consistência por espalhamento

	T_AP	T+CL	T_E	C	G
	1,2	1,7	0,5	0,7	2,2
	0,5	1,7	0,8	0,8	2,2
Média	0,85	1,7	0,65	0,75	2,2
DP	0,49	0,00	0,21	0,07	0,00

Quadro A.6. Resultados do ensaio de determinação da massa volúmica

	T_AP	T+CL	T_E	C	G
	Massa volúmica	Massa volúmica	Massa volúmica	Massa volúmica	Massa volúmica
	1,596	2,0031	2,0467	1,8939	1,6145
	1,5158	1,9744	2,0199	1,8989	1,5433
Média	1,56	1,99	2,03	1,90	1,58
DP	0,06	0,02	0,02	0,00	0,05

Quadro A.7. Resultados do ensaio de determinação da retração linear e volumétrica por secagem

	Molde [mm]				Proveito [mm]						Variação dimensional [mm]				Retração linear [%]						Retração volumétrica [%]					
	Largura		Altura		Comprimento		Média		Largura		Altura		Comprimento		Largura		Altura		Comprimento		Volume Molde [mm³]		Volume Proveito [mm³]		Média	DP
T _{AP}	40,00	40,05	161,00	39,92	39,94	40,03	40,01	160,72	160,88	39,93	40,02	160,80	0,07	0,03	0,20	0,18		0,07		0,12		257922,0	256958,2	0,37		
	41,47	41,33	163,17	41,39	41,41	41,27	41,24	163,09	163,10	41,40	41,26	163,10	0,07	0,07	0,07	0,17		0,18		0,05		278666,1	278559,2	0,40		
	40,13	40,60	162,70	40,09	40,12	40,59	40,45	162,70	162,64	40,11	40,52	162,67	0,02	0,08	0,03	0,06		0,20	0,1	0,02	0,1	265083,3	264347,6	0,28	0,3	0,1
	40,00	40,87	163,00	39,99	39,95	40,87	40,75	163,01	162,94	39,97	40,81	162,98	0,03	0,06	0,03	0,08		0,15	0,1	0,02		268472,4	266940,9	0,24		
	40,00	40,12	160,60	39,92	39,91	40,11	40,08	160,47	160,56	39,92	40,10	160,52	0,09	0,02	0,09	0,21		0,06		0,05		257730,9	256886,9	0,33		
	40,00	40,00	160,00	39,96	39,97	39,97	39,98	159,80	159,86	39,97	39,98	159,83	0,03	0,03	0,17	0,09		0,06		0,11		256000,0	255344,5	0,26		
	40,10	40,09	164,18	40,00	40,09	40,01	40,05	163,74	164,17	40,05	40,03	163,96	0,05	0,06	0,23	0,14		0,15		0,14		263937,2	262820	0,42		
	40,22	40,00	165,40	40,15	40,21	39,89	39,92	165,29	165,34	40,18	39,91	165,32	0,04	0,09	0,09	0,10		0,24		0,05		266095,5	265063	0,39		
	40,00	40,15	165,00	40,00	39,90	40,14	40,10	164,79	164,79	39,95	40,12	164,79	0,05	0,03	0,21	0,12	0,1	0,07	0,1	0,13	0,2	264980,0	264124	0,33	0,4	0,1
	40,70	40,50	160,00	40,60	40,68	40,44	40,50	159,38	159,73	40,64	40,47	159,95	0,06	0,03	0,44	0,15		0,07		0,28		263736,0	262420	0,50		
T _E	40,60	41,20	160,00	40,50	40,58	41,16	41,05	159,40	159,83	40,54	41,11	159,62	0,06	0,10	0,38	0,15		0,23		0,24		267635,2	266982	0,62		
	40,25	40,37	160,00	40,19	40,23	40,36	40,32	159,29	159,85	40,21	40,34	159,62	0,04	0,03	0,38	0,10		0,07		0,24		259982,8	258915	0,41		
	40,25	40,51	164,10	40,00	40,10	39,90	40,00	160,64	160,63	40,05	39,95	160,64	0,20	0,56	3,47	0,50		1,38		2,11		267569,6	257015,6	3,94		
	40,55	40,41	164,95	40,26	40,24	40,31	40,29	163,43	164,55	40,25	40,30	163,99	0,30	0,11	0,96	0,74		0,27		0,58		270291,3	266004,1	1,59		
	38,00	39,99	163,02	37,83	37,79	39,76	39,50	159,65	159,34	37,81	39,63	159,50	0,19	0,36	3,53	0,50	0,7	0,90	0,8	2,16	1,4	247728,3	238989,0	3,53	2,9	1,0
	41,24	40,97	164,12	40,53	40,51	40,56	40,53	163,22	163,31	40,52	40,55	163,27	0,72	0,42	0,86	1,75		1,04		0,52		27297,6	268225,4	3,27		
	40,00	40,00	163,64	39,80	39,80	39,79	39,80	159,84	159,87	39,80	39,80	159,86	0,20	0,20	3,78	0,50		0,51		2,31		261824,0	253184,9	3,30		
	40,57	40,47	164,98	40,32	40,42	40,24	40,32	163,26	163,74	40,37	40,28	163,50	0,20	0,19	1,48	0,49		0,47		0,90		270875,4	265867,9	1,85		
	40,00	40,00	160,27	39,91	39,90	39,94	39,92	160,16	160,10	39,91	39,93	160,13	0,09	0,07	0,14	0,24		0,18		0,09		256432,0	255152	0,50		
	40,21	40,09	160,24	40,20	40,03	40,04	40,05	160,22	160,13	40,12	40,05	160,18	0,09	0,05	0,06	0,24		0,11		0,04		258339,9	257306	0,39		
C	40,00	40,00	160,42	39,98	40,01	39,92	39,96	160,54	160,04	40,00	39,94	160,29	0,01	0,06	0,13	0,01	0,1	0,15	0,1	0,08	0,1	256672,0	256047	0,24	0,3	0,1
	40,12	40,00	160,48	40,08	40,11	39,97	40,01	160,33	160,11	40,10	39,99	160,22	0,02	0,01	0,26	0,06		0,03		0,16		257538,3	256897	0,25		
	40,00	40,00	160,54	40,00	40,01	39,93	40,00	159,95	160,96	40,01	39,97	160,46	0,00	0,03	0,09	-0,01		0,09		0,05		256864,0	255535	0,13		
	40,32	40,12	160,56	40,20	40,25	40,05	40,12	160,65	159,94	40,23	40,09	160,30	0,09	0,04	0,26	0,24		0,09		0,17		259728,0	258463	0,49		
	40,03	40,05	161,01	40,02	40,00	40,04	40,02	160,70	160,43	40,01	40,03	160,57	0,02	0,02	0,44	0,05		0,05		0,28		258131,5	257161	0,38		
	40,21	40,19	160,52	40,20	40,18	40,10	40,20	160,42	160,33	40,19	40,15	160,38	0,02	0,04	0,15	0,05		0,10		0,09		259406,7	258786	0,24		
	41,00	40,89	165,27	40,90	40,93	40,84	40,89	165,14	165,15	40,92	40,87	165,15	0,09	0,02	0,13	0,21	0,1	0,06	0,1	0,08	0,2	277073,5	276121	0,34	0,4	0,1
	40,75	40,89	165,59	40,75	40,71	40,83	40,89	165,13	165,57	40,73	40,86	165,35	0,02	0,03	0,24	0,05		0,07		0,14		275977,2	275180	0,27		
	41,39	41,32	165,67	41,30	41,40	41,17	41,27	165,30	165,33	41,35	41,22	165,32	0,04	0,10	0,35	0,10	0,24	0,24		0,21		283334,6	281771	0,55		
	40,21	40,20	161,03	40,17	40,15	40,16	40,16	160,39	160,63	40,16	40,16	160,51	0,05	0,04	0,52	0,12		0,10		0,32		280295,7	258875	0,55		

Quadro A.8. Resultados do ensaio de determinação da massa volúmica

	Dimensões médias do provete [mm]			Volume [mm ³]	Massa [g]	Massa volúmica [kg/dm ³]		
	Largura	Altura	Comprimento				Média	DP
T_AP	39,93	40,02	160,80	256958,2	456,99	1,78	1,77	0,04
	41,40	41,26	163,10	278559,2	478,30	1,72		
	40,11	40,52	162,67	264347,6	480,52	1,82		
	39,97	40,81	162,98	265840,9	486,42	1,83		
	39,92	40,10	160,52	256886,9	446,20	1,74		
	39,97	39,98	159,83	255344,5	451,07	1,77		
T_E	40,05	40,03	163,96	262820,1	479,15	1,82	1,82	0,02
	40,18	39,91	165,32	265063,2	489,83	1,85		
	39,95	40,12	164,79	264124,4	485,82	1,84		
	40,64	40,47	159,56	262420,2	477,16	1,82		
	40,54	41,11	159,62	265981,9	472,47	1,78		
	40,21	40,34	159,62	258915,0	477,55	1,84		
T+CL	40,05	39,95	160,64	257015,6	452,13	1,76	1,78	0,07
	40,25	40,30	163,99	266004,1	469,98	1,77		
	37,81	39,63	159,50	238989,0	447,31	1,87		
	40,52	40,55	163,27	268225,4	449,33	1,68		
	39,80	39,80	159,86	253184,9	468,12	1,85		
	40,37	40,28	163,50	265867,9	464,50	1,75		
C	39,91	39,93	160,13	255152,2	457,77	1,79	1,79	0,01
	40,12	40,05	160,18	257305,9	461,77	1,79		
	40,00	39,94	160,29	256047,3	455,58	1,78		
	40,10	39,99	160,22	256896,6	456,48	1,78		
	40,01	39,97	160,46	256535,4	460,22	1,79		
	40,23	40,09	160,30	258462,7	465,64	1,80		
G	40,01	40,03	160,57	257161,0	319,43	1,24	1,22	0,03
	40,19	40,15	160,38	258785,7	324,23	1,25		
	40,92	40,87	165,15	276121,0	328,56	1,19		
	40,73	40,86	165,35	275180,1	329,75	1,20		
	41,35	41,22	165,32	281770,7	332,60	1,18		
	40,16	40,16	160,51	258874,6	325,82	1,26		

Quadro A.9. Resultados do ensaio de condutibilidade térmica

Camada de 20 mm de espessura sobre tijolo furado						Provetes circulares de Ø90 mm e 20 mm de espessura					
	λ	Média	DP	Condutibilidade térmica [W/(m.K)]		λ	Média	DP	Condutibilidade térmica [W/(m.K)]		
				Média	DP				Média	DP	
T_AP	1,3	1,1	0,11	1,2	0,29	1,1	1,1	0,02	1,2	0,08	
	1,3					1,2					
	1,2					1,1					
	1,1					1,3	1,3	0,00			
	1,1					1,3					
	1,0					1,3					
	1,5	1,3	0,37			1,1	1,1	0,01			
	2,0					1,1					
	1,5					1,1					
	0,92										
	1,1										
	1,0										
T_E	1,5	1,2	0,19	1,2	0,17	1,2	1,2	0,01	1,2	0,06	
	1,3					1,1					
	1,3					1,2					
	1,0					1,3	1,3	0,02			
	1,0					1,3					
	1,1					1,3					
	1,3	1,1	0,13			1,1	1,2	0,02			
	1,3					1,2					
	1,2					1,2					
	0,94										
	1,1										
	1,1										
T+CL	0,65	0,77	0,08	0,74	0,07	0,73	0,74	0,01	0,71	0,03	
	0,81					0,75					
	0,86					0,75					
	0,86					0,64	0,67	0,02			
	0,76					0,68					
	0,68					0,69					
	0,67	0,71	0,05			0,72	0,72	0,01			
	0,80					0,70					
	0,75					0,74					
	0,68										
	0,69										
	0,68										
C	0,91	0,83	0,07	0,85	0,07	0,69	0,69	0,01	0,67	0,03	
	0,95					0,68					
	0,78					0,68					
	0,75					0,70	0,69	0,02			
	0,83					0,70					
	0,76					0,66					
	0,94	0,87	0,07			0,62	0,62	0,00			
	0,94					0,63					
	0,90					0,62					
	0,75										
	0,83										
	0,86										
G	0,44	0,44	0,02	0,43	0,02	0,3	0,34	0,00	0,35	0,01	
	0,44					0,3					
	0,43					0,3					
	0,47					0,4	0,35	0,00			
	0,41					0,3					
	0,42					0,3					
	0,43	0,42	0,01			0,4	0,36	0,00			
	0,44					0,4					
	0,42					0,4					
	0,44										
	0,41										
	0,41										

Quadro A.10. Resultados do ensaio de dureza superficial por durómetro (Shore A)

	Provete 1			Provete 2			Durómetro [Shore A]	
	Shore A	Média	DP	Shore A	Média	DP	Média	DP
T_AP	78	84	5	91	82	5	83	5
	75			86				
	87			75				
	85			84				
	84			78				
	86			81				
	86			75				
	82			80				
	91			74				
	78			84				
	93			89				
	80			82				
T_E	87	86	4	81	87	5	87	4
	83			91				
	84			91				
	86			84				
	90			86				
	90			91				
	84			93				
	93			92				
	90			79				
	82			88				
	85			81				
	81			89				
T+CL	83	81	6	83	82	6	81	6
	80			93				
	86			74				
	92			86				
	75			70				
	76			85				
	82			79				
	80			81				
	68			82				
	84			78				
	80			86				
	81			85				
C	85	91	4	84	92	3	91	4
	96			93				
	93			89				
	87			93				
	92			94				
	86			90				
	94			90				
	93			96				
	90			91				
	97			94				
	93			93				
	85			93				
G	97	97	2	96	95	3	96	2
	99			96				
	98			95				
	96			98				
	98			95				
	98			96				
	97			97				
	97			89				
	94			93				
	93			92				
	97			98				
	97			98				

Quadro A.11. Resultados do ensaio de coesão superficial

	Provete 1			Provete 2			Perda de coesão superficial [g]	
	Perda de Massa [g]	Média	DP	Perda de Massa [g]	Média	DP	Média	DP
T_AP	0,044	0,066	0,0172	0,066	0,077	0,009	0,07	0,01
	0,068			0,087				
	0,086			0,079				
T_E	0,039	0,039	0,0024	0,068	0,060	0,010	0,05	0,01
	0,042			0,046				
	0,036			0,066				
T+CL	0,021	0,024	0,0024	0,044	0,045	0,003	0,03	0,01
	0,027			0,042				
	0,024			0,049				
C	0,069	0,068	0,0078	0,066	0,051	0,014	0,06	0,01
	0,077			0,054				
	0,058			0,033				
G	0,000	0,010667	0,0075	0,02	0,031	0,011	0,02	0,01
	0,016			0,027				
	0,016			0,047				

Quadro A.12. Resultados do ensaio de resistência à abrasão

	Zona	Massa [kg]		Perda de massa [kg]	Média	DP
		Antes	Depois			
T_AP	1	4647,4	4646,2	1,2	0,9	0,2
	2	4646,2	4645,6	0,6		
	3	4645,6	4644,8	0,8		
T_E	1	4917,9	4917	0,9	0,6	0,2
	2	4917	4916,5	0,5		
	3	4916,5	4916	0,5		
T+CL	1	4911	4910,7	0,3	0,2	0,1
	2	4910,7	4910,7	0,0		
	3	4910,7	4910,4	0,3		
C	1	4763,2	4763	0,2	0,2	0,1
	2	4763	4762,9	0,1		
	3	4762,9	4762,6	0,3		
G	1	4241,5	4241,5	0,0	0,0	0,0
	2	4241,5	4241,5	0,0		
	3	4241,5	4241,5	0,0		

Quadro A.13. Resultados do ensaio de determinação do módulo de elasticidade dinâmico

	Comprimento (m)	Massa volúmica [kg/m ³]	fo [Hz]	Ed (Máquina)	Ed [MPa]		
						Média	DP
T_AP	0,16	1778,46	4394,2	3519,7	3551,7	3781	316
	0,16	1717,04	4521,1	3905,7	3734,3		
	0,16	1817,75	4615,1	4086,9	4098,0		
	0,16	1829,75	4693,5	4279,7	4282,4		
	0,16	1736,95	4330,7	3343,8	3357,3		
	0,16	1766,50	4504,2	3657,7	3662,1		
T_E	0,16	1823,13	4674,5	4184,0	4283,5	4267	139
	0,17	1847,97	4700,4	4318,9	4463,2		
	0,16	1839,38	4640,1	4174,3	4301,8		
	0,16	1818,32	4779,1	4355,1	4229,0		
	0,16	1776,31	4700,4	4168,7	3999,4		
	0,16	1844,41	4796,8	4387,4	4325,1		
T+CL	0,16	1759,17	4018,9	2918,4	2932,7	2977	101
	0,16	1766,80	3907,7	2861,9	2902,2		
	0,16	1871,66	4041,7	2918,9	3111,1		
	0,16	1675,18	3973,8	2834,3	2820,5		
	0,16	1848,92	4005,3	3001,3	3031,8		
	0,16	1747,11	4050,8	3043,6	3065,5		
C	0,16	1794,09	5470,5	5467,1	5506,9	5571	243
	0,16	1794,63	5554,3	5685,2	5681,8		
	0,16	1779,28	5754,8	6023,7	6055,9		
	0,16	1776,88	5424,5	5363,8	5368,7		
	0,16	1793,96	5378,9	5320,2	5345,2		
	0,16	1801,58	5433,7	5488,2	5467,0		
G	0,16	1242,12	5689,6	4128,0	4146,6	4006	161
	0,16	1252,89	5671,5	4166,1	4146,1		
	0,17	1189,91	5447,7	3891,2	3852,4		
	0,17	1198,31	5453,4	3911,4	3897,4		
	0,17	1180,38	5424,6	3905,4	3797,0		
	0,16	1258,59	5689,6	4205,7	4198,7		

Quadro A.14. Resultados do ensaio de resistência à flexão e à compressão

	Dimensões médias do provete			FStr (N/mm ²)					CStr (N/mm ²)			
	Largura (mm)	Altura [mm]	Comprimento (m)	F _f (N)	I (mm)	R _f (N/mm ²)	Média	DP	F _c (N)	R _c (N/mm ²)	Média	DP
T_AP	39,93	40,02	160,80	89,78	100	0,21	0,20	0,06	1573,17	0,98	1,01	0,20
	41,40	41,26	163,10	104,7	100	0,22			1418,75	0,83		
	40,11	40,52	162,67	69,1	100	0,16			1614,16	0,99		
	39,97	40,81	162,98	117,39	100	0,27			2195,36	1,35		
	39,92	40,10	160,52	114,53	100	0,27			1186,83	0,74		
	39,97	39,98	159,83	38,81	100	0,09			1832,04	1,15		
T_E	40,05	40,03	163,96	88,05	100	0,21	0,25	0,06	1552,11	0,97	0,96	0,10
	40,18	39,91	165,32	74,57	100	0,17			1813,51	1,13		
	39,95	40,12	164,79	108,08	100	0,25			1660,21	1,04		
	40,64	40,47	159,56	147,84	100	0,33			1421,83	0,86		
	40,54	41,11	159,62	112,02	100	0,25			1405,29	0,84		
	40,21	40,34	159,62	135,81	100	0,31			1457,77	0,90		
T+CL	40,05	39,95	160,64	67,65	100	0,16	0,17	0,04	825,19	0,52	0,51	0,03
	40,25	40,30	163,99	101,02	100	0,23			923,46	0,57		
	37,81	39,63	159,50	36,2	100	0,10			751,63	0,50		
	40,52	40,55	163,27	87,88	100	0,20			751,07	0,46		
	39,80	39,80	159,86	64,5	100	0,15			778,3	0,49		
	40,37	40,28	163,50	84,83	100	0,19			855,8	0,53		
C	39,91	39,93	160,13	400,4	100	0,94	0,84	0,11	4536,45	2,85	2,84	0,17
	40,12	40,05	160,18	337,92	100	0,79			4962,94	3,09		
	40,00	39,94	160,29	271,3	100	0,64			4759,1	2,98		
	40,10	39,99	160,22	407,63	100	0,95			4207,38	2,62		
	40,01	39,97	160,46	351,83	100	0,83			4593,44	2,87		
	40,23	40,09	160,30	378,59	100	0,88			4223,1	2,62		
G	40,01	40,03	160,57	688,02	100	1,61	1,51	0,11	7658,65	4,78	4,15	0,58
	40,19	40,15	160,38	700,6	100	1,62			6994,9	4,33		
	40,92	40,87	165,15	595,93	100	1,31			6324,97	3,78		
	40,73	40,86	165,35	686,77	100	1,52			6163,81	3,70		
	41,35	41,22	165,32	731,03	100	1,56			5744,89	3,37		
	40,16	40,16	160,51	631,92	100	1,46			7982,1	4,95		

Quadro A.15. Resultados do ensaio de aderência ao suporte

Argamassa	Força [N]	l [mm]			c [mm]			Área [mm]	A _{Str} [N/mm ²]		
		Esquerda	Direita	Média	Esquerda	Direita	Média			Média	DP
T _{AP}	93,13	47,92	49,87	48,90	48,99	51,09	50,04	2446,71	0,04	0,04	0,00
T _E	33,1	48,29	46,26	47,28	51,64	51,99	51,82	2449,55	0,01	0,02	0,02
	7,29	53,45	53,39	53,42	47,96	49,95	48,96	2615,18	0,00		
	89,21	51,14	47,29	49,22	51,93	50,18	51,06	2512,67	0,04		
	100,43	49,03	49,72	49,38	47,80	48,63	48,22	2380,62	0,04		
	27,77	50,34	48,14	49,24	49,52	48,82	49,17	2421,13	0,01		
T+CL	2,52	48,67	50,03	49,35	47,67	44,25	45,96	2268,13	0,00	0,00	0,00
C	73,22	51,56	50,49	51,03	49,22	51,16	50,19	2560,94	0,03	0,06	0,03
	207,31	51,21	50,23	50,72	49,28	49,34	49,31	2501,00	0,08		
G	541,85	51,76	50,83	51,30	51,59	51,35	51,47	2640,15	0,21	0,20	0,05
	522,33	49,39	48,74	49,07	49,92	50,03	49,98	2452,02	0,21		
	481,94	49,9	49,19	49,55	50,77	50,02	50,40	2496,82	0,19		
	259,76	50,36	50,63	50,50	49,14	48,88	49,01	2474,76	0,10		
	555,15	49,08	49,93	49,51	49,64	49,25	49,45	2447,77	0,23		
	612,1	48,75	49,44	49,10	49,7	49,45	49,58	2433,88	0,25		

Quadro A.16. Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade

T_E										T_AP										T+CL									
Massa cestos (g)										Massa cestos (g)										Massa cestos (g)									
Massa dos provetes (g)										Massa dos provetes (g)										Massa dos provetes (g)									
Tempo (min)		1	2	3	4	5	6	Tempo (min)		1	2	3	4	5	6	Tempo (min)		1	2	3	4	5	6						
0	156,302	159,573	159,956	159,79	157,253	156,532	0	148,524	155,539	153,898	156,621	152,343	0	151,918	150,801	150,249	148,458	152,721	149,612										
1	158,882	163,082	162,381	162,7	160,476	159,274	1	158,329	163,275	161,754	165,632	158,014	1	155,646	154,263	154,398	151,857	155,289	152,682										
2	159,287	163,421	163,439	162,962	160,82	159,433	2	162,059	166,015	164,704	167,807	162,759	2	156,525	155,17	154,339	152,144	155,492	153,554										
5	159,552	163,449	163,552	163,956	161,41	159,867	5	166,822	170,802	169,513	172,337	168,174	5	157,603	155,895	155,603	153,345	156,497	154,354										
8	159,849	163,966	164,354	163,377	162,071	160,001	8	166,233	172,637	171,471	173,698	169,671	8	158,558	156,686	156,491	154,169	157,125	155,175										
12	160,321	164,648	164,075	163,614	162,185	160,277	12	166,777	173,011	172,005	174,139	170,051	12	159,12	157,471	157,105	154,789	158,839	155,676										
16	160,149	165,29	164,723	163,898	162,601	160,455	16	166,946	173,211	171,932	174,274	170,224	16	160,059	158,076	157,562	154,91	159,461	156,292										
20	161,095	165,237	164,615	163,913	162,784	160,523	20	166,811	173,353	172,033	174,292	170,857	20	160,347	158,439	157,852	155,332	160,26	156,899										
30	160,888	165,691	164,793	164,051	163,288	160,8	30	167,02	173,984	172,094	174,958	171,036	30	162,101	159,412	158,71	157,897	161,286	158,103										
60	162,213	166,417	165,926	164,969	164,497	161,68	60	167,401	173,872	172,45	175,14	171,388	60	164,347	162,385	161,967	159,897	163,815	160,945										
120	163,653	167,88	167,377	165,968	165,31	163,30	120	167,573	174,385	172,772	175,639	171,161	120	166,152	164,851	164,196	161,252	164,985	162,416										
180	164,47	168,74	168,62	167,187	166,96	163,41	180	167,625	174,405	172,770	175,506	170,928	180	165,190	164,992	164,229	161,54	166,161	162,756										
240	165,25	169,68	169,18	168,16	167,69	164,68	240	167,555	174,097	172,644	175,339	171,061	240	166,542	165,063	164,291	161,542	167,048	163,424										
300	165,98	170,63	169,99	168,77	168,47	165,66	Varição %	0,0%	-0,2%	-0,1%	-0,1%	0,1%	300	165,867	164,53	164,389	161,788	166,539	163,824										
420	167,43	172,47	171,90	169,99	169,69	166,89							420	165,888	164,56	164,416	162,224	166,857	163,866										
1440	172,20	175,76	175,65	174,98	173,23	171,37							1800	166,332	164,90	164,51	162,38	167,31	164,30										
1740	172,53	175,82	175,94	175,13	173,68	171,90							3240	166,681	165,599	164,592	162,391	167,372	164,548										
2880	173,53	176,75	176,67	175,40	174,14	172,57							4260	166,214	165,285	165,013	162,457	167,516	164,593										
4560	173,98	177,28	176,74	175,64	174,32	172,60							5280	166,885	165,373	165,266	162,578	166,997	163,699										
6090	174,15	177,51	177,10	176,06	174,37	172,96							7080	167,383	165,94	165,532	162,86	167,285	163,801										
7320	174,99	177,50	177,96	176,90	174,87	173,80							8520	167,388	165,838	165,477	162,868	167,387	163,932										
Varição %	0,5%	0,0%	0,5%	0,5%	0,3%	0,5%							9540	167,474	166,016	165,664	162,966	167,443	164,082										
													10500	167,475	166,209	165,506	163,36	167,497	164,296										
													Varição %	0,0%	0,1%	-0,1%	0,2%	0,0%	0,1%										

Quadro A.16. Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade (continuação)

T E										T AP					T+CL										
Tempo (s ^{1/3})	Quantidade de água absorvida (kg/m²)						Média	DP	Tempo (s ^{1/3})	Quantidade de água absorvida (kg/m²)					Média	DP	Tempo (s ^{1/3})	Quantidade de água absorvida (kg/m²)						Média	DP
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	5	1				2	3	4	5	6			
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,75	1,61	2,19	1,51	1,77	1,93	1,69	1,78	0,22	7,75	6,14	4,53	4,83	3,54	4,91	0,88	7,75	2,33	2,13	2,77	2,07	1,62	1,89	2,13	0,36	0,00
10,95	1,86	2,40	2,17	1,93	2,14	1,79	2,05	0,21	10,95	8,47	6,13	6,65	6,51	6,92	0,81	10,95	2,88	2,69	2,73	2,24	1,75	2,42	2,45	0,38	0,00
17,32	2,03	2,42	2,24	2,53	2,49	2,06	2,30	0,20	17,32	11,45	8,94	9,61	9,89	9,90	0,84	17,32	3,55	3,14	3,57	2,97	2,38	2,92	3,09	0,41	0,00
21,91	2,21	2,74	2,74	2,18	2,89	2,14	2,48	0,31	21,91	11,08	10,01	10,81	10,83	10,64	0,37	21,91	4,15	3,63	4,17	3,47	2,78	3,42	3,60	0,47	0,00
26,83	2,51	3,17	2,57	2,33	2,96	2,31	2,64	0,32	26,83	11,42	10,23	11,14	11,06	10,92	0,41	26,83	4,50	4,11	4,58	3,85	3,86	3,73	4,11	0,33	0,00
30,98	2,40	3,57	2,97	2,50	3,21	2,42	2,84	0,44	30,98	11,53	10,35	11,10	11,17	10,99	0,39	30,98	5,09	4,48	4,88	3,92	4,26	4,11	4,46	0,41	0,00
34,64	2,99	3,53	2,91	2,51	3,32	2,46	2,95	0,39	34,64	11,44	10,43	11,16	11,57	11,09	0,41	34,64	5,27	4,71	5,07	4,18	4,76	4,48	4,75	0,36	0,00
42,43	2,86	3,82	3,02	2,59	3,62	2,63	3,09	0,47	42,43	11,57	10,80	11,20	11,68	11,30	0,31	42,43	6,36	5,31	5,65	5,74	5,41	5,22	5,61	0,38	0,00
60,00	3,69	4,27	3,72	3,15	4,35	3,17	3,73	0,47	60,00	11,81	10,73	11,42	11,90	11,44	0,41	60,00	7,77	7,14	7,82	6,96	7,00	6,97	7,28	0,37	0,00
84,85	4,59	5,18	4,63	3,76	4,84	4,17	4,53	0,46	84,85	11,92	11,03	11,61	11,76	11,60	0,30	84,85	8,90	8,66	9,31	7,78	7,74	7,87	8,38	0,61	0,00
103,92	5,09	5,72	5,41	4,50	5,82	4,24	5,13	0,59	103,92	11,95	11,05	11,61	11,61	11,56	0,29	103,92	8,30	8,75	9,33	7,95	8,49	8,08	8,48	0,46	0,00
120,00	5,58	6,30	5,76	5,09	6,26	5,02	5,67	0,50	120,00	11,91	10,87	11,54	11,70	11,50	0,35	120,00	9,14	8,79	9,37	7,96	9,05	8,49	8,80	0,47	0,00
134,16	6,03	6,89	6,26	5,46	6,73	5,63	6,17	0,53								134,16	8,72	8,46	9,44	8,10	8,72	8,74	8,70	0,40	0,00
158,75	6,94	8,04	7,45	6,20	7,46	6,38	7,08	0,64								158,75	8,73	8,48	9,45	8,37	8,93	8,77	8,79	0,35	0,00
233,94	9,92	10,09	9,79	9,23	9,59	9,15	9,63	0,34								233,94	9,01	8,69	9,52	8,46	9,21	9,03	8,99	0,34	0,00
323,11	10,13	10,13	9,97	9,33	9,86	9,48	9,82	0,31								323,11	9,23	9,12	9,57	8,47	9,25	9,19	9,14	0,33	0,00
415,69	10,75	10,71	10,43	9,49	10,14	9,89	10,23	0,45								415,69	8,94	8,93	10,02	8,51	9,34	9,21	9,16	0,47	0,00
523,07	11,03	11,05	10,47	9,64	10,24	9,91	10,39	0,53								523,07	9,35	8,98	9,85	8,59	9,01	8,66	9,08	0,43	0,00
604,48	11,13	11,19	10,70	9,89	10,27	10,13	10,55	0,49								604,48	9,67	9,33	10,20	8,76	9,20	8,73	9,31	0,51	0,00
662,72	11,66	11,18	11,24	10,40	10,57	10,65	10,95	0,44								662,72	9,67	9,27	10,16	8,76	9,26	8,81	9,32	0,49	0,00
Varição %	5%	0%	5%	5%	3%	5%			Varição %	0%	-2%	-1%	1%			766,57	9,72	9,38	10,29	8,82	9,30	8,90	9,40	0,50	0,00
																793,73	9,72	9,50	10,18	9,06	9,33	9,03	9,47	0,40	0,00
																Varição %	0%	1%	-1%	3%	0%	1%			0%

Quadro A.16. Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade (continuação)

T_E										T_AP						T+CL							
					Média	DP						Média	DP							Média	DP		
Variação %	5%	0%	5%	5%	3%	5%	3%	5%	0%	Variação %	0%	-2%	-1%	-1%	1%	Variação %	0%	1%	-1%	3%	0%	1%	
AC (kg/m ² .s ^{1/2})									AC (kg/m ² .s ^{1/2}) (5 pontos R ₂ = 0,8946)														
AC (kg/m ² .s ^{1/2})	0,04	0,05	0,05	0,03	0,06	0,03	0,04	0,01			0,27	0,31	0,34	0,29	0,39		0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	
0,9771)																	0,9996)					0,01	
AC (kg/m ² .s ^{1/2})									AC (kg/m ² .s ^{1/2}) (4 pontos R ₂ = 0,9568)														
AC (kg/m ² .s ^{1/2})	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,00			0,36	0,39	0,43	0,36	0,51		0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,09	
0,9982)																	0,9993)					0,01	
									AC (kg/m ² .s ^{1/2}) (3 pontos R ₂ = 0,9942)		0,54	0,46	0,49	0,43	0,64		0,09	0,08	0,09	0,08	0,09	0,08	
																	0,9799)					0,00	
AV (kg/m ²) - Quantidade de água absorvida ao fim de 120 h									AV (kg/m ²) - Quantidade de água absorvida ao fim de 3,5 h								AV (kg/m ²) - Quantidade de água absorvida ao fim de 120 h						
	11,61	11,18	11,18	10,35	10,54	10,60	10,91	0,44			11,91	10,87	11,54	11,48	11,70		9,67	9,33	10,20	8,76	9,20	8,73	9,31
																							0,51

Quadro A.16. Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade (continuação)

C (não pintado)										C (pintado)										G (não pintado)										G pintada																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Massa cestos (g)					Massa cestos (g)					Massa cestos (g)					Massa cestos (g)					Massa cestos (g)					Massa cestos (g)					Massa cestos (g)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
3199	32038	31716	32068	31831	32059	32978	33036	32218	32355	32778	32186																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Quadro A.16. Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade (continuação)

C (não pintado)										C (pintado)						G (não pintado)						G (pintado)													
Tempo (s ^{1/2})	Quantidade de água absorvida (µg/m ²)						Média	DP	Tempo (s ^{1/2})	Quantidade de água absorvida (µg/m ²)						Média	DP	Tempo (s ^{1/2})	Quantidade de água absorvida (µg/m ²)						Média	DP									
	1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	6											
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
17,32	3,16	3,55	3,30	3,25	3,76	3,40	3,40	0,20	17,32	3,05	3,03	2,95	3,03	3,46	3,46	3,17	0,22	7,75	2,48	2,17	2,20	2,57	2,42	2,03	2,31	0,19	17,32	6,21	5,74	5,46	6,01	5,94	6,23	5,93	0,27
26,83	4,60	4,50	4,46	4,76	5,07	5,14	4,75	0,27	26,83	4,83	4,99	4,50	4,76	5,32	5,22	4,94	0,28	10,95	2,66	2,66	2,67	2,99	2,67	2,47	2,69	0,16	26,83	8,57	8,00	7,80	8,31	8,42	8,83	8,32	0,34
34,64	5,86	5,87	5,72	6,00	6,39	6,82	6,11	0,38	34,64	6,38	6,34	5,93	6,32	6,81	6,79	6,43	0,30	17,32	3,58	3,96	3,72	3,96	3,57	3,29	3,68	0,23	34,64	9,85	10,01	9,94	9,83	9,99	10,53	9,87	0,44
42,43	7,04	6,73	6,61	7,00	7,29	7,49	7,03	0,30	42,43	7,72	7,70	6,98	7,57	8,16	8,07	7,72	0,38	21,91	4,27	4,19	4,19	4,57	4,12	3,88	4,20	0,20	42,43	10,83	10,62	10,52	10,80	11,00	11,55	10,89	0,33
60,00	8,39	8,59	8,19	8,24	8,49	8,51	8,40	0,15	60,00	8,28	8,71	7,45	8,69	8,23	8,84	8,36	0,47	26,83	4,92	4,77	4,83	5,48	4,75	4,48	4,87	0,30	60,00	12,00	12,25	11,75	11,86	11,84	12,50	12,03	0,26
84,85	8,51	8,73	8,24	8,32	8,48	8,41	8,45	0,15	84,85	8,31	8,72	7,87	8,69	8,65	8,83	8,51	0,33	30,98	5,39	5,62	5,54	5,69	5,37	5,06	5,45	0,21	84,85	12,02	12,26	11,79	11,94	11,92	12,66	12,10	0,29
103,92	8,70	8,74	8,34	8,38	8,62	8,54	8,55	0,15	103,92	8,35	8,76	8,27	8,69	8,73	8,91	8,62	0,23	34,64	5,92	6,01	5,97	5,90	5,69	5,65	5,89	0,10	103,92	12,47	12,76	11,97	12,38	12,19	12,76	12,42	0,29
120,00	8,77	8,83	8,48	8,55	8,91	8,79	8,72	0,15	120,00	8,45	8,77	8,43	8,81	8,85	8,98	8,72	0,20	42,43	7,10	6,88	6,93	6,85	7,10	6,89	7,29	0,84	120,00	12,53	12,91	12,13	12,39	12,21	12,85	12,50	0,30
134,16	8,84	8,92	8,50	8,62	8,90	8,85	8,77	0,16	134,16	8,82	8,79	8,16	8,64	8,86	8,85	8,69	0,25	60,00	9,61	8,70	9,56	9,30	9,25	9,05	9,25	0,31	134,16	12,53	12,91	12,11	12,40	12,21	12,96	12,52	0,32
150,75	8,88	8,92	8,63	8,62	9,11	8,92	8,85	0,17	150,75	8,40	8,81	8,26	8,78	8,86	9,00	8,69	0,27	84,85	11,21	12,05	11,57	11,85	11,67	12,25	11,77	0,34	150,75	12,54	12,91	12,15	12,41	12,21	13,03	12,54	0,33
293,94	9,02	9,00	8,70	8,64	9,14	8,93	8,90	0,18	300,00	8,44	8,83	8,64	8,80	8,88	9,00	8,76	0,18	103,92	12,34	12,56	11,72	12,12	11,81	12,31	12,14	0,30	300,00	12,64	12,94	12,30	12,93	12,58	13,23	12,77	0,30
427,28	9,04	8,97	8,66	8,65	8,96	9,01	8,92	0,13	477,85	8,72	8,96	8,51	9,07	9,29	9,03	8,93	0,25	120,00	12,51	12,92	11,91	12,26	12,10	12,60	12,38	0,34	477,85	14,13	14,22	12,97	13,03	13,45	13,73	13,59	0,49
577,18	9,11	9,08	8,91	8,80	9,03	9,13	9,01	0,12	540,00	8,82	8,99	8,64	9,08	9,29	9,16	9,00	0,22	134,16	12,68	12,85	11,96	12,28	11,98	12,60	12,39	0,34	540,00	14,13	14,28	13,40	13,48	13,62	14,29	13,87	0,38
605,38	9,16	9,40	8,81	8,94	9,02	9,29	9,10	0,20	704,84	8,91	9,25	9,08	9,33	9,43	9,38	9,23	0,18	150,75	12,96	12,96	12,27	12,96	12,38	13,01	12,76	0,31	704,84	14,37	14,54	13,67	13,98	14,03	14,86	14,23	0,42
767,91	9,38	9,56	8,87	8,98	9,26	9,38	9,24	0,24	729,93	8,91	9,38	8,92	9,22	9,46	9,42	9,22	0,23	303,31	13,45	13,86	12,77	13,17	12,89	13,48	13,27	0,37	729,93	14,47	14,73	13,76	13,83	14,04	14,83	14,28	0,42
Variação %	2%	2%	1%	1%	3%	1%	1%		777,69	9,04	9,57	8,92	9,36	9,38	9,45	9,29	0,23	434,74	14,30	14,41	13,42	13,91	13,41	14,26	13,95	0,41	777,69	14,67	14,78	13,78	14,12	14,27	14,70	14,39	0,36
									Variação %	1%	2%	0%	2%	-1%	0%			500,20	14,63	14,58	13,58	13,73	13,44	14,43	14,07	0,49		Variação %	1%	0%	0%	2%	2%	-1%	
																		583,03	14,75	14,63	13,60	14,19	13,90	14,54	14,27	0,41									
																		647,61	14,86	14,88	13,72	14,40	14,03	14,66	14,42	0,43									
																		711,20	14,93	14,90	13,83	14,41	14,13	14,64	14,47	0,40									
																		732,99	15,24	14,94	13,92	14,52	14,13	14,80	14,59	0,46									
																		790,32	15,13	15,03	13,97	14,53	14,09	14,91	14,61	0,45									
																		Variação %	-1%	1%	0%	0%	0%	0%	1%										

Quadro A.16. Resultados do ensaio de absorção de água por capilaridade (continuação)

[illegible]

Quadro A.17. Resultados do ensaio de secagem

T.E										T.A.P										T.C.L										C										G									
Massa seca dos provetes + Caixa Petri (g)										Massa seca dos provetes + Caixa Petri (g)										Massa seca dos provetes + Caixa Petri (g)										Massa seca dos provetes + Caixa Petri (g)										Massa seca dos provetes + Caixa Petri (g)									
Massa caixa de Petri (g)										Massa caixa de Petri (g)										Massa caixa de Petri (g)										Massa caixa de Petri (g)										Massa caixa de Petri (g)									
6.932 6.442 6.894 6.939 6.974 6.441										6.485 6.983 6.442 6.929 6.483										6.438 6.93 6.987 6.479 6.983 6.436										6.979 6.435 6.933 6.439 6.439 6.997										6.932 6.482 6.984 6.44 6.924 6.466									
Tempo (min)										Tempo (min)										Tempo (min)										Tempo (min)										Tempo (min)									
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6														
0	49.289	452.170	151.707	452.203	151.365	448.699	0	442.49	494.432	447.493	450.710	445.626	0	44.965	144.263	139.673	137.679	143.784	143.294	138.208	0	44.293	147.113	139.661	143.456	142.429	146.526	0	17.373	117.120	112.968	115.700	117.140	115.593															
10	49.096	151.839	150.847	151.148	150.369	147.753	0	441.930	449.031	447.402	450.935	150.152	145.138	0	44.1377	140.890	139.916	137.983	143.394	138.602	0	44.226	146.208	139.370	143.139	141.822	145.901	45.639	0	17.424	117.111	112.781	115.686	117.066	115.584														
20	48.016	151.760	150.974	151.080	150.296	147.719	0	441.861	448.964	446.879	150.074	145.138	0	44.1341	140.860	139.916	137.924	143.369	138.574	0	44.2356	146.220	139.305	143.139	141.822	145.901	45.639	0	17.424	117.111	112.781	115.686	117.066	115.584															
30	48.930	151.670	150.620	150.992	150.125	147.654	0	441.312	448.922	446.879	150.026	145.092	0	44.1312	140.731	139.847	137.866	143.315	138.516	0	44.2284	146.148	139.241	143.047	141.742	145.821	45.641	30	17.288	117.005	112.677	115.681	116.971	115.524															
40	48.852	151.605	150.590	150.962	150.125	147.618	0	441.152	448.892	446.794	149.953	145.041	0	44.1280	140.731	139.848	137.845	143.315	138.516	0	44.2214	146.060	139.245	143.072	141.670	145.821	45.641	40	17.122	116.942	112.612	115.681	116.971	115.524															
50	48.776	151.532	150.533	150.863	150.048	147.557	50	441.261	140.688	139.425	137.766	143.291	144.986	50	44.1251	140.688	139.425	137.766	143.291	144.986	50	44.2133	145.969	139.072	143.022	141.602	145.344	50	17.149	116.885	112.564	115.421	116.869	115.124															
60	48.686	151.458	150.454	150.772	149.890	147.470	60	441.600	148.763	146.742	149.895	144.965	60	44.1220	140.684	139.398	137.766	143.291	144.986	60	44.2184	145.916	139.092	143.024	141.550	145.348	60	17.079	116.830	112.509	115.367	116.819	115.061																
120	48.179	151.075	150.023	150.406	149.679	147.107	120	441.922	148.432	146.375	149.895	144.941	120	44.1060	140.684	139.398	137.766	143.291	144.986	120	44.1937	146.466	138.544	142.384	141.078	144.769	120	16.692	116.513	112.197	114.984	116.545	114.75																
180	47.730	150.628	149.620	150.089	148.227	146.771	180	440.891	140.144	139.063	136.774	143.007	138.171	180	44.1378	145.108	138.179	142.074	140.705	143.357	180	16.7285	116.179	111.897	114.672	116.246	114.384	180	16.7285	116.179	111.897	114.672	116.246	114.384															
240	47.434	150.340	149.281	149.750	148.882	146.385	240	440.747	139.924	138.947	136.988	142.881	138.031	240	44.1055	144.711	137.784	141.628	140.316	143.349	240	16.9337	115.906	111.632	114.268	115.994	114.069	240	16.9337	115.906	111.632	114.268	115.994	114.069															
300	46.805	149.740	148.569	149.034	148.166	145.956	300	440.606	139.720	138.607	136.471	142.762	137.306	300	44.0733	144.350	137.440	141.289	139.965	143.627	300	16.5462	115.624	111.394	113.949	115.746	113.671	300	16.5462	115.624	111.394	113.949	115.746	113.671															
360	46.805	149.740	148.569	149.034	148.166	145.956	360	440.477	139.658	138.681	136.276	142.656	137.306	360	44.0429	144.345	137.112	140.977	139.624	143.627	360	15.4043	115.395	111.185	113.685	115.596	113.53	360	15.4043	115.395	111.185	113.685	115.596	113.53															
420	46.500	149.450	148.247	148.789	147.844	145.522	420	440.365	139.409	138.555	136.158	142.549	137.679	420	44.0092	143.89	136.768	140.671	139.222	142.864	420	15.156	115.178	110.978	113.435	115.371	112.286	420	15.156	115.178	110.978	113.435	115.371	112.286															
1260	44.732	146.249	144.712	145.338	144.142	141.425	1260	136.618	143.704	141.832	143.474	140.22	1530	138.986	137.962	137.041	134.453	140.319	135.85	1410	136.679	139.969	138.276	136.467	138.345	135.30	1110	108.668	111.168	108.669	111.633	109.202	107.956																
1620	44.732	146.249	144.712	145.338	144.142	141.425	1620	136.618	143.704	141.832	143.474	140.22	1530	138.986	137.962	137.041	134.453	140.319	135.85	1410	136.679	139.969	138.276	136.467	138.345	135.30	1110	108.668	111.168	108.669	111.633	109.202	107.956																
1680	34.521	136.346	135.945	137.574	136.712	134.068	680	125.769	133.543	131.865	134.773	129.673	780	133.438	131.481	131.057	127.028	132.768	128.55	6210	130.837	129.679	130.41	129.243	132.801	90.581	90.004	100.193	97.719	97.719	97.719	97.719	97.719																
780	33.525	136.324	135.924	137.535	136.712	134.068	780	124.521	132.461	130.783	133.683	128.458	8820	132.76	130.833	130.275	126.928	132.768	127.791	9890	129.429	132.627	125.985	129.311	128.653	131.777	98.585	93.987	95.453	97.266	98.143	96.392																	
900	33.016	135.787	134.724	136.355	135.268	132.828	900	133.941	131.927	130.013	133.131	127.876	10440	131.639	129.494	129.014	125.903	131.807	126.734	10530	129.627	132.494	125.687	129.209	128.048	131.609	10440	98.97	98.585	94.919	95.983	97.918	95.738																
10380	33.016	135.787	134.724	136.355	135.268	132.828	10380	133.941	131.927	130.013	133.131	127.876	10620	131.555	129.466	128.909	125.904	131.728	126.584	11430	129.679	132.268	125.713	129.683	127.91	131.463	10620	98.97	98.585	94.919	95.983	97.918	95.738																
11310	32.604	135.336	134.541	136.152	135.018	132.658	11310	129.655	131.662	129.493	132.766	127.468	11950	130.653	128.102	128.111	124.9	131.038	126.584	11950	129.679	132.268	125.713	129.683	127.91	131.463	11950	97.285	97.586	93.942	95.148	97.807	94.914																
11730	32.551	135.274	134.398	135.962	134.785	132.477	11730	129.522	131.523	129.429	132.675	127.427	13019	130.962	128.107	127.455	124.91	130.947	125.671	12870	128.884	132.095	125.713	129.498	127.811	131.347	12870	96.615	96.896	92.432	93.686	94.302	94.302																
12840	32.449	135.191	134.338	135.874	134.684	132.41	12840	132.478	131.468	129.320	132.575	127.427	14590	130.962	128.107	127.455	124.91	130.947	125.671	12870	128.884	132.095	125.713	129.498	127.811	131.347	14590	96.615	96.896	92.432	93.686	94.302	94.302																
13700	32.425	135.134	134.332	135.655	134.535	132.399	13700	132.425	131.459	129.276	132.559	127.355	15900	130.962	128.107	127.455	124.91	130.947	125.671	12870	128.884	132.095	125.713	129.498	127.811	131.347	15900	96.615	96.896	92.432	93.686	94.302	94.302																
14400	32.373	135.056	134.334	135.608	134.534	132.364	14400	132.346	131.447	129.218	132.532	127.347	18030	128.698	126.728	125.653	123.944	129.287	124.908	18030	128.669	131.958	125.708	128.921	127.8	131.338	18030	96.615	96.896	92.432	93.686	94.302	94.302																
14820	32.341	135.022	134.273	135.571	134.545	132.333	14820	132.433	131.479	129.197	132.504	127.315	19230	127.719	126.555	125.382	123.832	129.163	124.811	19650	125.555	131.897	125.683	128.869	127.657	131.286	19230	94.981	94.186	90.352	92.293	94.05	92.027																
15750	32.287	134.943	134.229	135.718	134.641	132.286	15750	132.347	131.38	129.146	132.459	127.281	24800	127.038	126.652	125.011	123.596	129.115	124.946	24800	125.555	131.897	125.683	128.869	127.657	131.286	24800	94.981	94.186	90.352	92.293	94.05	92.027																
16110	32.287	134.943	134.229	135.718	134.641	132.286	16110	132.347	131.38	129.146	132.459	127.281	25170	127.038	126.652	125.011	123.596	129.115	124.946	25170	125.555	131.897	125.683	128.869	127.657	131.286	25170	94.981	94.186	90.352	92.293	94.05	92.027																
17320	32.258	134.926	134.215	135.692	134.449	132.271	17320	132.347	131.378	129.134	132.451	127.272	33330	126.861	126.716	125.006	123.902	129.139	124.863	33330	126.861	126.716	125.006	123.902	129.139	33330	94.981	94.186	90.352	92.293	94.05	92.027																	
20160	32.258	134.926	134.215	135.692	134.449	132.271	20160	132.347	131.378	129.134	132.451	127.272	33330	126.861	126.716	125.006	123.902	129.139	124.863	33330	126.861	126.716	125.006	123.902	129.139	33330	94.981	94.186	90.352	92.293	94.05	92.027																	
21800	32.252	134.905	134.229	135.679	134.455	132.269	21800	132.347	131.378	129.134	132.451	127.272	33330	126.861	126.716	125.006	123.902	129.139																															

Quadro A.17. Resultados do ensaio de secagem (continuação)

[illegible]

Quadro A.17. Resultados do ensaio de secagem (continuação)

[illegible]

Quadro A.17. Resultados do ensaio de secagem (continuação)

[illegible]

Quadro A.17. Resultados do ensaio de secagem (continuação)

C (não pinado)										C (pinado)										G (não pinado)										G (pinado)																										
Massa seca dos provetes + Caixa de Petri (g)										Massa seca dos provetes + Caixa de Petri (g)										Massa seca dos provetes + Caixa de Petri (g)										Massa seca dos provetes + Caixa de Petri (g)																										
128.558 131.857 125.649 128.865 127.724 131.276										129.587 132.911 126.816 130.025 128.864 132.282										89.517 92.861 89.617 91.511 93.126 91.537										94.346 94.128 90.97 92.863 94.623 92.528																										
Massa caixa de Petri (g)										Massa caixa de Petri (g)										Massa caixa de Petri (g)										Massa caixa de Petri (g)																										
6.979 6.435 6.933 6.49 6.439 6.997										6.979 6.435 6.933 6.49 6.439 6.997										6.932 6.482 6.984 6.44 6.924 6.466										6.932 6.482 6.984 6.44 6.924 6.466																										
Tempo (min)										Tempo (min)										Tempo (min)										Tempo (min)																										
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6																					
0	142.903	147.113	139.661	143.436	142.429	146.326	0	143.997	148.278	141.062	145.025	143.867	147.529	0	117.373	117.120	112.968	115.700	117.140	115.583	0	117.838	117.962	114.008	116.365	118.952	116.239	10	117.827	117.474	113.57	115.793	117.855	115.632	10	117.827	117.474	113.57	115.793	117.855	115.632															
10	142.426	146.308	139.370	143.270	141.901	145.659	10	144.096	148.268	141.252	144.880	143.483	147.203	10	117.424	117.111	112.781	115.866	117.066	115.384	10	117.768	117.422	113.516	115.744	117.855	115.573	20	117.355	117.059	112.733	115.615	117.768	115.444	20	117.355	117.059	112.733	115.615	117.768	115.444															
20	142.356	146.220	139.305	143.139	141.822	145.608	20	144.043	148.212	141.192	144.820	143.421	147.138	20	117.355	117.059	112.733	115.615	117.066	115.384	20	117.768	117.422	113.516	115.744	117.855	115.573	30	117.717	117.377	113.465	115.678	117.754	115.592	30	117.717	117.377	113.465	115.678	117.754	115.592															
30	142.285	146.148	139.221	143.047	141.742	145.521	30	143.992	148.152	141.147	144.762	143.365	147.075	30	117.288	117.005	112.677	115.562	116.971	115.244	30	117.655	117.315	113.417	115.629	117.711	115.459	40	117.655	117.315	113.417	115.629	117.711	115.459	40	117.655	117.315	113.417	115.629	117.711	115.459															
40	142.214	146.060	139.145	142.972	141.670	145.442	40	143.945	148.095	141.081	144.701	143.308	147.009	40	117.212	116.942	112.614	115.481	116.916	115.178	40	117.618	117.273	113.376	115.576	117.667	115.406	50	117.618	117.273	113.376	115.576	117.667	115.406	50	117.618	117.273	113.376	115.576	117.667	115.406															
50	142.153	145.989	139.072	142.902	141.602	145.354	50	143.888	148.041	141.027	144.643	143.253	146.956	50	117.149	116.885	112.585	115.421	116.885	115.124	50	117.618	117.273	113.376	115.576	117.667	115.406	60	117.149	116.885	112.585	115.421	116.885	115.124	60	117.149	116.885	112.585	115.421	116.885	115.124															
60	142.084	145.916	138.997	142.824	141.550	145.28	60	143.861	147.993	140.975	144.590	143.199	146.893	60	117.079	116.830	112.509	115.357	116.830	115.061	60	117.57	117.254	113.328	115.514	117.628	115.351	120	117.57	117.254	113.328	115.514	117.628	115.351	120	117.57	117.254	113.328	115.514	117.628	115.351															
120	141.697	145.466	138.544	142.384	141.078	144.769	120	143.574	147.656	140.638	144.242	142.841	146.489	120	116.892	116.513	112.197	114.994	116.545	114.75	120	117.57	117.254	113.328	115.514	117.628	115.351	240	116.957	116.721	112.762	114.838	117.066	114.648	240	116.957	116.721	112.762	114.838	117.066	114.648															
180	141.378	145.108	138.179	142.014	140.705	144.357	180	143.282	147.288	140.281	143.844	142.461	146.052	180	116.285	116.179	111.887	114.612	116.246	114.384	180	116.957	116.721	112.762	114.838	117.066	114.648	300	116.396	116.271	112.248	114.226	116.59	114.03	300	116.396	116.271	112.248	114.226	116.59	114.03															
240	141.055	144.711	137.784	141.628	140.316	143.949	240	142.997	146.940	139.951	143.473	142.100	145.636	240	115.937	115.906	111.632	114.368	115.994	114.069	240	116.638	116.47	112.481	114.505	116.81	114.299	360	116.396	116.271	112.248	114.226	116.59	114.03	360	116.396	116.271	112.248	114.226	116.59	114.03															
300	140.733	144.350	137.440	141.288	139.985	143.612	300	142.775	146.670	139.697	143.225	141.850	145.365	300	115.646	115.624	111.394	113.949	115.746	113.767	300	116.396	116.271	112.248	114.226	116.59	114.03	420	116.396	116.271	112.248	114.226	116.59	114.03	420	116.396	116.271	112.248	114.226	116.59	114.03															
360	140.429	144.045	137.112	140.977	139.624	143.267	360	142.568	146.425	139.496	143.03	141.646	145.152	360	115.403	115.395	111.185	113.885	115.596	113.53	360	116.18	116.084	112.061	114.008	116.416	113.818	480	116.18	116.084	112.061	114.008	116.416	113.818	480	116.18	116.084	112.061	114.008	116.416	113.818															
420	140.092	143.659	136.726	140.671	139.222	142.864	420	142.344	146.173	139.277	142.814	141.415	144.91	420	115.156	115.178	110.978	113.635	115.371	113.296	420	115.941	115.87	111.842	113.738	116.193	113.592	540	115.941	115.87	111.842	113.738	116.193	113.592	540	115.941	115.87	111.842	113.738	116.193	113.592															
1410	136.979	139.989	132.916	136.467	135.041	138.545	1440	139.211	142.752	135.637	139.192	137.626	141.058	1500	111.943	112.18	107.77	109.659	111.633	109.202	1440	112.808	112.87	108.907	110.55	113.118	110.355	1770	112.808	112.87	108.907	110.55	113.118	110.355	1770	112.808	112.87	108.907	110.55	113.118	110.355															
1770	136.019	138.934	131.721	135.313	133.958	137.444	1920	138.222	141.696	134.545	138.058	136.547	140.005	1960	110.866	111.168	106.669	108.464	110.476	107.946	1920	111.795	111.928	107.966	109.565	112.114	109.328	2850	110.866	111.168	106.669	108.464	110.476	107.946	2850	110.866	111.168	106.669	108.464	110.476	107.946															
2850	133.948	136.845	129.701	133.196	131.956	135.447	2850	136.622	140.009	132.86	136.315	134.878	138.362	3060	108.359	108.764	104.141	105.743	107.821	105.303	2850	109.926	110.166	106.342	107.797	110.271	107.499	3270	109.926	110.166	106.342	107.797	110.271	107.499	3270	109.926	110.166	106.342	107.797	110.271	107.499															
3270	133.391	136.331	129.211	132.691	131.471	134.965	3270	136.065	139.441	132.294	135.733	134.331	137.818	3480	107.438	107.881	103.208	104.77	106.85	104.353	3270	109.926	110.166	106.342	107.797	110.271	107.499	4040	109.926	110.166	106.342	107.797	110.271	107.499	4040	109.926	110.166	106.342	107.797	110.271	107.499															
4040	132.259	135.252	128.213	131.659	130.477	133.996	7990	132.38	135.704	128.717	132.116	130.852	134.371	4410	105.537	106.049	101.264	102.751	104.815	102.339	7990	103.062	103.81	100.135	101.177	103.697	100.842	5650	103.062	103.81	100.135	101.177	103.697	100.842	5650	103.062	103.81	100.135	101.177	103.697	100.842															
5650	131.082	134.141	127.202	130.618	129.455	133.006	11880	131.07	134.395	127.293	130.636	129.405	132.903	5910	103.001	103.529	98.702	100.272	102.255	99.978	11880	98.61	99.504	95.793	96.807	99.427	96.54	6210	98.61	99.504	95.793	96.807	99.427	96.54	6210	98.61	99.504	95.793	96.807	99.427	96.54															
6210	130.837	133.91	127.007	130.41	129.243	132.801	12870	130.351	133.674	127.155	130.862	129.248	132.729	7890	100.564	101.007	96.351	98.08	100.013	97.79	12870	97.81	98.691	94.972	96.024	98.636	95.761	9990																												
7890	129.429	132.627	125.885	129.311	128.653	131.717	17820	129.824	133.155	127.023	130.219	129.049	132.477	10440	98.59	99.987	95.453	97.206	99.143	96.932	17820	95.14	95.956	92.205	93.56	93.065	93.265	10530	129.287	132.948	125.989	129.209	128.948	131.609	18630	94.856	95.536	91.893	93.289	95.702	93.065															
10530	129.287	132.948	125.989	129.209	128.948	131.609	18630	94.856	95.536	91.893	93.289	95.702	93.065	19240	94.856	95.536	91.893	93.289	95.702	93.065	19240	94.856	95.536	91.893	93.289	95.702	93.065	21430	129.079	132.988	125.772	129.063	128.717	131.463	20370	93.820	93.148	127.017	130.218	129.944	132.475	11850	97.285	97.595	93.942	95.148	96.456	94.942	94.914	21450	94.239	94.573	91.071	92.736	94.819	92.44
11790	129.079	132.988	125.745	129.018	128.717	131.419	21450	94.239	94.573	91.071	92.736	94.819	92.44	22890	94.239	94.573	91.071	92.736	94.819	92.44	22890	94.239	94.573	91.071	92.736	94.819	92.44	25184	128.854	132.095	125.711	128.948	127.811	131.347	23890	92.816	93.146	127.014	130.221	129.043	132.476	13050	96.615	96.895	92.714	94.546	96.456	94.942	94.914	25184	94.239	94.573	91.071	92.736	94.819	92.44
12890	128.854	132.095	125.711	128.948	127.811	131.347	23890	92.816	93.146	127.014	130.221	129.043	132.476	13050	96.615	96.895	92.714	94.546	96.456	94.942	25184	94.239	94.573	91.071	92.736																															

Quadro A.17. Resultados do ensaio de secagem (continuação)

C (não pinado)							C (pinado)							G (não pinado)						G (pinado)									
Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	Tempo (h)	1	2	3	4	5	6		
0.0	0.0143	0.0162	0.0139	0.0145	0.0146	0.0150	0.0	0.0142	0.0151	0.0141	0.0148	0.0148	0.0151	0.0	0.024	0.024	0.024	0.023	0.024	0.024	0.0	0.0237	0.0238	0.0231	0.0237	0.0244	0.0239		
0.2	0.0138	0.0144	0.0137	0.0143	0.0141	0.0144	0.2	0.0143	0.0151	0.0142	0.0147	0.0144	0.0147	0.2	0.024	0.024	0.024	0.023	0.024	0.024	0.2	0.0237	0.0233	0.0227	0.0231	0.0233	0.0233		
0.3	0.0137	0.0143	0.0136	0.0142	0.0140	0.0143	0.3	0.0142	0.0151	0.0142	0.0146	0.0144	0.0147	0.3	0.024	0.024	0.023	0.024	0.023	0.024	0.3	0.0236	0.0232	0.0226	0.0231	0.0232	0.0232		
0.5	0.0137	0.0142	0.0135	0.0141	0.0139	0.0142	0.5	0.0142	0.0150	0.0141	0.0145	0.0143	0.0146	0.5	0.024	0.024	0.023	0.024	0.023	0.024	0.5	0.0236	0.0232	0.0226	0.0230	0.0232	0.0231		
0.7	0.0136	0.0141	0.0134	0.0140	0.0139	0.0141	0.7	0.0141	0.0150	0.0141	0.0145	0.0143	0.0145	0.7	0.024	0.024	0.023	0.024	0.023	0.024	0.7	0.0235	0.0232	0.0225	0.0230	0.0231	0.0231		
0.8	0.0135	0.0141	0.0134	0.0140	0.0138	0.0140	0.8	0.0141	0.0149	0.0140	0.0144	0.0142	0.0145	0.8	0.024	0.024	0.023	0.024	0.023	0.024	0.8	0.0235	0.0231	0.0225	0.0229	0.0231	0.0230		
1.0	0.0135	0.0140	0.0133	0.0139	0.0137	0.0140	1.0	0.0141	0.0149	0.0140	0.0144	0.0142	0.0144	1.0	0.024	0.024	0.023	0.024	0.023	0.023	1.0	0.0234	0.0231	0.0224	0.0229	0.0231	0.0230		
2.0	0.0131	0.0135	0.0128	0.0135	0.0133	0.0134	2.0	0.0138	0.0145	0.0136	0.0140	0.0138	0.0140	2.0	0.023	0.023	0.022	0.023	0.023	0.023	2.0	0.0231	0.0228	0.0222	0.0225	0.0228	0.0226		
3.0	0.0127	0.0132	0.0125	0.0131	0.0129	0.0130	3.0	0.0135	0.0142	0.0133	0.0136	0.0134	0.0136	3.0	0.023	0.023	0.022	0.023	0.023	0.023	3.0	0.0228	0.0225	0.0219	0.0222	0.0225	0.0223		
4.0	0.0124	0.0128	0.0121	0.0127	0.0125	0.0126	4.0	0.0132	0.0138	0.0129	0.0133	0.0131	0.0132	4.0	0.022	0.023	0.022	0.022	0.022	0.022	4.0	0.0225	0.0223	0.0216	0.0218	0.0222	0.0219		
5.0	0.0121	0.0124	0.0117	0.0124	0.0122	0.0123	5.0	0.0130	0.0135	0.0127	0.0130	0.0128	0.0129	5.0	0.022	0.022	0.021	0.022	0.022	0.022	5.0	0.0222	0.0221	0.0214	0.0216	0.0220	0.0216		
6.0	0.0118	0.0121	0.0114	0.0120	0.0118	0.0119	6.0	0.0128	0.0133	0.0125	0.0128	0.0126	0.0127	6.0	0.022	0.022	0.021	0.022	0.022	0.022	6.0	0.0220	0.0219	0.0212	0.0213	0.0218	0.0214		
7.0	0.0115	0.0118	0.0110	0.0117	0.0114	0.0115	7.0	0.0125	0.0130	0.0123	0.0126	0.0124	0.0124	7.0	0.022	0.022	0.021	0.022	0.022	0.022	7.0	0.0218	0.0217	0.0209	0.0211	0.0216	0.0212		
23.5	0.0083	0.0081	0.0071	0.0075	0.0072	0.0072	24.0	0.0094	0.0096	0.0086	0.0090	0.0086	0.0086	25.5	0.018	0.019	0.018	0.018	0.018	0.018	24.0	0.0186	0.0187	0.0180	0.0179	0.0185	0.0180		
29.5	0.0074	0.0070	0.0060	0.0064	0.0062	0.0061	32.0	0.0084	0.0086	0.0075	0.0078	0.0075	0.0075	32.5	0.017	0.018	0.017	0.017	0.017	0.017	32.0	0.0176	0.0177	0.0171	0.0169	0.0175	0.0169		
47.5	0.0053	0.0049	0.0040	0.0043	0.0042	0.0041	47.5	0.0068	0.0069	0.0059	0.0061	0.0058	0.0059	51.0	0.015	0.016	0.014	0.014	0.014	0.014	47.5	0.0158	0.0160	0.0154	0.0151	0.0157	0.0151		
54.0	0.0048	0.0044	0.0035	0.0038	0.0037	0.0036	54.5	0.0063	0.0063	0.0053	0.0055	0.0053	0.0053	58.0	0.014	0.015	0.013	0.013	0.013	0.013	54.5	0.0150	0.0153	0.0148	0.0144	0.0150	0.0144		
71.5	0.0036	0.0033	0.0025	0.0027	0.0027	0.0027	126.5	0.0026	0.0026	0.0017	0.0019	0.0018	0.0019	73.5	0.012	0.013	0.011	0.011	0.011	0.011	126.5	0.0089	0.0096	0.0092	0.0085	0.0091	0.0085		
97.5	0.0024	0.0022	0.0015	0.0017	0.0017	0.0017	198.0	0.0008	0.0008	0.0003	0.0004	0.0004	0.0004	98.5	0.010	0.010	0.009	0.008	0.009	0.008	198.0	0.0044	0.0053	0.0049	0.0041	0.0049	0.0042		
103.5	0.0022	0.0020	0.0013	0.0015	0.0014	0.0015	214.5	0.0005	0.0005	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	131.5	0.007	0.008	0.006	0.006	0.006	0.006	214.5	0.0036	0.0045	0.0041	0.0034	0.0041	0.0034		
166.5	0.0008	0.0007	0.0003	0.0004	0.0008	0.0004	297.0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	147.0	0.006	0.007	0.005	0.005	0.006	0.005	297.0	0.0010	0.0017	0.0013	0.0009	0.0014	0.0009		
175.5	0.0007	0.0006	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	310.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	174.0	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	310.5	0.0007	0.0013	0.0010	0.0006	0.0011	0.0006		
190.5	0.0004	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	339.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	177.0	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	339.5	0.0002	0.0007	0.0004	0.0002	0.0005	0.0001		
196.5	0.0004	0.0003	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	357.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	197.5	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	357.5	0.0001	0.0004	0.0002	0.0001	0.0003	0.0001		
214.5	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	381.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	217.5	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	381.5	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000		
220.5	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	419.7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	242.5	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	419.7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
238.5	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000											286.5	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001						
250.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000											300.5	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001						
317.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000											320.5	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000						
419.7	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000											401.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
																	419.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
																	665.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						

Quadro A.17. Resultados do ensaio de secagem (continuação)

Cabo piratado										Cabo unido										Cabo piratado										Cabo unido									
Tempo (h)	M (kg/m²)						Média	DP	Tempo (min)	DP	M (kg/m²)						Média	DP	Tempo (h)	M (kg/m²)						Média	DP	Tempo (h)	M (kg/m²)						Média	DP			
	1	2	3	4	5	6					1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	6				1	2	3	4	5	6			1	2	3
0.0	9.01	9.45	8.73	9.05	9.15	9.30	9.11	0.23	0.0	8.90	9.43	9.80	9.24	9.27	9.34	9.16	0.23	0.0	0.0	14.92	14.91	14.37	14.89	14.74	14.81	14.80	0.20	0.0	14.78	14.75	13.82	14.24	14.31	14.79	14.45	0.36			
0.4	0.2	8.66	8.84	8.53	8.91	8.82	8.90	0.15	0.4	0.2	8.97	9.42	9.82	9.15	9.33	9.13	0.16	0.4	0.2	14.78	14.43	13.56	14.88	14.74	14.86	14.75	0.14	0.4	0.2	14.78	14.43	13.56	13.90	13.66	14.42	14.13	0.4		
0.6	0.3	8.61	8.89	8.51	8.86	8.77	8.83	0.14	0.6	0.3	8.93	9.39	9.88	9.11	9.10	9.09	0.37	0.16	0.6	0.3	14.86	14.87	14.22	14.83	14.67	14.74	14.71	0.23	0.6	0.3	14.74	14.40	13.53	13.87	13.63	14.38	14.09	0.44	
0.7	0.5	8.67	8.85	8.45	8.81	8.72	8.80	0.14	0.7	0.5	8.90	9.35	9.85	9.07	8.96	9.06	0.33	0.16	0.7	0.5	14.86	14.84	14.18	14.79	14.64	14.74	14.68	0.23	0.7	0.5	14.71	14.37	13.50	13.86	13.60	14.35	14.06	0.44	
0.8	0.7	8.52	8.79	8.41	8.76	8.67	8.73	0.14	0.8	0.7	8.87	9.31	9.81	9.04	8.92	9.01	0.39	0.16	0.8	0.7	14.82	14.80	14.15	14.60	14.45	14.70	14.63	0.23	0.8	0.7	14.68	14.35	13.47	13.80	13.58	14.31	14.03	0.44	
0.9	0.8	8.48	8.75	8.36	8.71	8.63	8.69	0.14	0.9	0.8	8.84	9.28	9.78	9.00	8.89	8.98	0.36	0.16	0.9	0.8	14.78	14.76	14.11	14.71	14.57	14.66	14.60	0.23	0.9	0.8	14.65	14.32	13.45	13.77	13.55	14.28	14.00	0.44	
1.0	1.0	8.44	8.70	8.31	8.67	8.60	8.65	0.14	1.0	1.0	8.82	9.25	9.74	8.97	8.86	8.94	0.33	0.16	1.0	1.0	14.79	14.73	14.08	14.68	14.54	14.62	14.56	0.23	1.0	1.0	14.62	14.30	13.42	13.73	13.53	14.24	13.97	0.44	
1.4	2.0	8.20	8.42	8.03	8.39	8.30	8.33	0.13	1.4	2.0	8.64	9.04	9.53	8.75	8.63	8.69	0.31	0.16	1.4	2.0	14.43	14.33	13.68	14.45	14.37	14.43	14.36	0.23	1.4	2.0	14.44	14.14	13.26	13.53	13.36	14.04	13.79	0.45	
1.7	3.0	8.00	8.20	7.80	8.16	8.07	8.08	0.13	1.7	3.0	8.46	8.81	9.30	8.52	8.40	8.42	0.38	0.16	1.7	3.0	14.24	14.12	13.59	14.21	14.19	14.20	14.14	0.21	1.7	3.0	14.23	13.97	13.08	13.33	13.20	13.81	13.65	0.42	
2.0	4.0	7.80	7.95	7.55	7.92	7.80	7.82	0.13	2.0	4.0	8.28	8.59	9.00	8.27	8.17	8.16	0.26	0.16	2.0	4.0	14.62	14.45	13.53	13.59	14.03	14.01	13.95	0.20	2.0	4.0	14.63	13.87	12.99	13.23	13.05	13.59	13.42	0.42	
2.2	5.0	7.59	7.73	7.34	7.71	7.61	7.61	0.13	2.2	5.0	8.14	8.43	7.94	8.12	8.01	8.00	0.16	0.22	2.2	5.0	13.84	13.97	13.58	13.79	13.87	13.82	13.78	0.19	2.2	5.0	13.68	13.89	12.77	12.86	12.92	13.42	13.27	0.42	
2.4	6.0	7.40	7.84	7.13	7.51	7.38	7.40	0.13	2.4	6.0	8.01	8.27	7.82	7.99	7.86	7.97	0.15	0.24	2.4	6.0	13.69	13.83	13.25	13.67	13.67	13.64	13.61	0.18	2.4	6.0	13.75	13.57	12.66	12.82	12.99	13.35	13.15	0.41	
2.6	7.0	7.19	7.22	6.88	7.24	7.14	7.15	0.14	2.6	7.0	7.87	8.12	7.68	7.86	7.74	7.71	0.13	0.26	2.6	7.0	13.53	13.69	13.12	13.47	13.64	13.62	13.60	0.18	2.6	7.0	13.60	13.44	12.53	12.67	12.89	13.15	13.01	0.41	
4.8	23.5	4.64	5.01	4.44	4.70	4.45	4.47	0.30	4.8	24.0	5.90	5.99	5.40	5.60	5.37	5.33	0.26	0.50	4.8	23.5	11.82	11.82	11.12	11.10	10.97	11.01	0.26	4.9	24.0	11.64	11.58	10.77	10.86	11.14	11.13	0.36			
5.4	28.5	4.63	4.35	3.76	3.86	3.79	4.06	0.32	5.7	32.0	5.23	4.72	4.89	4.70	4.67	4.53	0.27	0.72	5.7	32.5	10.85	11.19	10.43	10.37	10.58	10.22	0.33	5.7	32.0	11.00	10.22	10.16	10.29	10.51	10.53	0.35			
6.9	47.5	3.33	3.05	2.49	2.66	2.50	2.78	0.31	6.9	47.5	4.28	4.28	3.66	3.81	3.65	3.65	0.28	1.71	51.0	92.9	96.9	88.7	86.6	89.7	89.2	88.3	0.59	6.9	47.5	98.4	93.0	92.0	91.0	92.1	93.7	94.4	0.31		
7.3	54.0	2.99	2.73	2.19	2.35	2.29	2.25	0.29	7.4	54.5	3.93	3.33	3.44	3.31	3.32	3.54	0.28	7.6	58.0	91.7	91.4	82.7	80.6	83.2	79.4	84.1	0.41	7.4	54.5	93.9	94.9	88.6	86.8	88.0	89.3	92.0	0.30		
8.5	71.5	2.27	2.06	1.46	1.70	1.67	1.65	0.26	8.5	71.5	2.65	1.69	1.07	1.19	1.13	1.18	0.30	8.2	86	73.5	75.9	70.6	6.80	7.05	6.71	71.9	0.44	1.12	136.5	55.5	58.5	51.2	5.36	52.5	54.6	0.27			
8.8	77.5	2.09	1.86	1.40	1.54	1.51	1.50	0.18	8.6	79.5	1.79	0.78	0.90	0.49	0.45	0.50	0.57	0.16	8.9	79.5	1.11	75.9	6.94	5.99	6.62	6.31	61.9	0.44	1.32	134.0	36.7	41.2	37.3	32.8	36.1	0.27			
9.9	97.5	1.54	1.37	0.93	1.05	1.03	1.04	0.18	9.2	14.1	188.0	0.49	0.49	0.18	0.26	0.23	0.27	0.32	9.9	89.5	5.94	6.42	5.65	5.25	5.45	5.21	5.62	0.43	14.1	198.0	2.78	3.30	2.93	2.46	2.85	2.82	0.26		
12.2	103.5	1.38	1.23	0.61	0.92	0.90	0.91	0.21	14.5	24.5	0.34	0.68	0.16	0.13	0.16	0.20	0.10	0.11	11.5	151.5	4.42	4.85	3.99	3.68	4.05	3.94	4.17	0.83	14.6	245.5	2.28	2.79	2.44	2.02	2.39	2.10	0.24	0.25	
12.9	166.5	0.90	0.43	0.17	0.24	0.33	0.24	0.35	0.14	17.2	28.0	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	12.1	147.0	3.81	4.21	3.43	3.51	3.31	3.60	0.32	17.2	29.0	0.61	1.03	0.78	0.54	0.65	0.55	0.17	0.18		
13.2	176.5	0.41	0.35	0.11	0.17	0.15	0.17	0.23	0.11	17.6	310.5	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	13.2	174.0	2.94	3.32	2.85	2.98	2.74	2.96	0.28	17.6	310.5	0.43	0.84	0.60	0.38	0.67	0.39	0.55	0.17		
13.8	190.5	0.28	0.22	0.03	0.08	0.07	0.08	0.13	0.09	18.4	339.5	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	13.0	173.0	2.88	3.25	2.58	2.51	2.69	2.50	2.73	0.26	18.4	339.5	0.12	0.43	0.23	0.10	0.30	0.09	0.21	0.12	
14.0	196.5	0.24	0.18	0.02	0.06	0.04	0.06	0.10	0.08	18.9	397.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.1	197.5	2.37	2.72	2.11	2.06	2.22	2.05	2.25	0.24	18.9	397.5	0.05	0.24	0.11	0.05	0.15	0.04	0.10	0.07	
14.6	214.5	0.14	0.10	0.00	0.01	0.00	0.01	0.04	0.05	19.5	381.5	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.7	217.5	1.96	2.28	1.72	1.68	1.83	1.65	1.85	0.21	19.5	381.5	0.02	0.07	0.02	0.01	0.03	0.02	0.01	0.02	
14.8	220.5	0.11	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	20.5	419.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.6	242.5	1.80	1.90	1.29	1.26	1.40	1.25	1.42	0.19	20.5	419.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
15.4	238.5	0.07	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0.03											16.3	265.5	1.11	1.39	0.92	0.90	1.03	0.89	1.04	0.17											
15.8	250.5	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01											17.3	300.5	0.62	0.86	0.46	0.46	0.56	0.45	0.57	0.15											
17.8	317.5	-0.02	-0.03	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02											17.9	320.5	0.38	0.59	0.25	0.27	0.33	0.24	0.34	0.12											
20.5	419.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											20.0	410.0	0.08	0.09	0.07	0.09	0.08	0.07	0.08	0.01											
D ₁ (kg/m²)	-0.14	-0.16	-0.17	-0.17	-0.17	-0.18	-0.13	-0.07											20.5	419.5	0.10	0.09	0.08	0.10	0.09	0.08	0.09	0.01											
D ₂ (kg/m²)	-0.89	-1.00	-1.04	-1.07	-1.08	-1.13	-0.43	0.07											25.6	655.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
D ₃ (kg/m²)	-0.88	-1.00	-1.04	-1.07	-1.08	-1.13	-0.43	0.07											D ₁ (kg/m²)	-0.10	-0.10	-0.10	-0.11	-0.11	-0.11	-0.12	-0.11	0.01											
D ₄ (kg/m²)	-0.88	-1.00	-1.04	-1.07	-1.08	-1.13	-0.43	0.07											D ₂ (kg/m²)	-0.10	-0.10	-0.10	-0.11	-0.11	-0.11	-0.12	-0.11	0.01											
D ₅ (kg/m²)	-0.88	-1.00	-1.04	-1.07	-1.08	-1.13	-0.43	0.07											D ₃ (kg/m²)	-0.10	-0.10	-0.10	-0.11	-0.11	-0.11	-0.12	-0.11	0.01											
D ₆ (kg/m²)	-0.88	-1.00	-1.04	-1.07	-1.08	-1.13	-																																

Quadro A.17. Resultados do ensaio de secagem (continuação)

C não pintado										C pintado										G não pintado										G pintado																																																											
Tempo (h/12)					Tempo (h)					DP					Média					Tempo (h)					Tempo (h/12)					Média					Tempo (h)					Tempo (h/12)					Média					Tempo (h)					Tempo (h/12)					Média																													
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6					1					2					3					4					5					6				
1					2					3					4					5																																																																					

Quadro A.18. Resultados do ensaio de higroscopicidade

T+CL															
	Tempo (h)	Área [m ²]			Pesagem (g)			Diferença (g)			Adsorção (g/m ²)			Média	DP
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Adsorção	0	0,092	0,093	0,093	3511,8	3773,4	4079,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1				3513,0	3774,4	4080,4	1,20	1,00	0,70	13,00	10,81	7,57	10,46	2,73
	3				3513,8	3774,9	4080,9	2,00	1,50	1,20	21,66	16,21	12,97	16,95	4,39
	6				3514,1	3775,4	4081,6	2,30	2,00	1,90	24,91	21,61	20,53	22,35	2,28
	12				3513,9	3775,9	4081,3	2,10	2,50	1,60	22,74	27,02	17,29	22,35	4,88
	24				3513,8	3775,7	4082,0	2,00	2,30	2,30	21,66	24,86	24,86	23,79	1,85
Desadsorção	25	0,092	0,093	0,093	3512,4	3774,5	4080,8	0,60	1,10	1,10	6,50	11,89	11,89	10,09	3,11
	27				3512,0	3773,8	4079,9	0,20	0,40	0,20	2,17	4,32	2,16	2,88	1,25
	30				3511,9	3773,4	4080	0,10	0,00	0,30	1,08	0,00	3,24	1,44	1,65
	36				3511,8	3773,4	4079,6	0,00	0,00	-0,10	0,00	0,00	-1,08	-0,36	0,62
	48				3511,8	3773,4	4079,6	0,00	0,00	-0,10	0,00	0,00	-1,08	-0,36	0,62
T_AP															
	Tempo (h)	Área [m ²]			Pesagem (g)			Diferença (g)			Adsorção (g/m ²)			Média	DP
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Adsorção	0	0,093	0,093	0,093	3580,0	3649,4	3574,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1				3581,5	3651,2	3575,8	1,50	1,80	1,80	16,11	19,33	19,33	18,26	1,86
	3				3583,2	3652,9	3577,4	3,20	3,50	3,40	34,37	37,59	36,52	36,16	1,64
	6				3584,8	3654,2	3578,8	4,80	4,80	4,80	51,56	51,56	51,56	51,56	0,00
	12				3586,1	3655,2	3579,8	6,10	5,80	5,80	65,52	62,30	62,30	63,37	1,86
	24				3587,1	3656,4	3580,9	7,10	7,00	6,90	76,26	75,19	74,11	75,19	1,07
Desadsorção	25	0,093	0,093	0,093	3584,5	3654,3	3578,9	4,50	4,90	4,90	48,34	52,63	52,63	51,20	2,48
	27				3582,4	3652,6	3577,2	2,40	3,20	3,20	25,78	34,37	34,37	31,51	4,96
	30				3581,2	3651,1	3575,7	1,20	1,70	1,70	12,89	18,26	18,26	16,47	3,10
	36				3580,7	3649,7	3573,8	0,70	0,30	-0,20	7,52	3,22	-2,15	2,86	4,84
	48				3580,6	3649,6	3573,8	0,60	0,20	-0,20	6,44	2,15	-2,15	2,15	4,30
T_E															
	Tempo (h)	Área [m ²]			Pesagem (g)			Diferença (g)			Adsorção (g/m ²)			Média	DP
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Adsorção	0	0,091	0,090	0,092	3561,8	3562,1	3904,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1				3563,4	3563,9	3906,7	1,60	1,80	2,40	17,64	19,91	26,07	21,21	4,36
	3				3565,1	3565,8	3908,5	3,30	3,70	4,20	36,39	40,93	45,63	40,98	4,62
	6				3566,8	3567,5	3910,3	5,00	5,40	6,00	55,13	59,74	65,19	60,02	5,03
	12				3568,4	3568,8	3912,4	6,60	6,70	8,10	72,77	74,12	88,00	78,30	8,43
	24				3570,7	3571,2	3914,7	8,90	9,10	10,40	98,13	100,67	112,99	103,93	7,95
Desadsorção	25	0,091	0,090	0,092	3568,4	3569,2	3912,8	6,60	7,10	8,50	72,77	78,54	92,35	81,22	10,06
	27				3566,3	3567,4	3910,9	4,50	5,30	6,60	49,62	58,63	71,71	59,98	11,11
	30				3564,5	3565,5	3909,5	2,70	3,40	5,20	29,77	37,61	56,50	41,29	13,74
	36				3562,2	3562,1	3907,1	0,40	0,00	2,80	4,41	0,00	30,42	11,61	16,44
	48				3561,8	3562,1	3905,7	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	15,21	5,07	8,78
G															
	Tempo (h)	Área [m ²]			Pesagem (g)			Diferença (g)			Adsorção (g/m ²)			Média	DP
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Adsorção	0	0,100	0,100	0,100	2635,7	2637,2	2696,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1				2636,8	2638,2	2697,5	1,10	1,00	1,10	11,00	10,00	11,00	10,67	0,58
	3				2637,5	2638,9	2698,1	1,80	1,70	1,70	18,00	17,00	17,00	17,33	0,58
	6				2637,6	2639	2698,4	1,90	1,80	2,00	19,00	18,00	20,00	19,00	1,00
	12				2637,9	2639,1	2698,6	2,20	1,90	2,20	22,00	19,00	22,00	21,00	1,73
	24				2637,9	2639,2	2698,7	2,20	2,00	2,30	22,00	20,00	23,00	21,67	1,53
Desadsorção	25	0,100	0,100	0,100	2636,1	2637,8	2697,2	0,40	0,60	0,80	4,00	6,00	8,00	6,00	2,00
	27				2635,9	2637,3	2696,5	0,20	0,10	0,10	2,00	1,00	1,00	1,33	0,58
	30				2635,8	2637,3	2696,5	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
	36				2635,7	2637,2	2696,5	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,00	0,33	0,58
	48				2635,7	2637,2	2696,5	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,00	0,33	0,58
C															
	Tempo (h)	Área [m ²]			Pesagem (g)			Diferença (g)			Adsorção (g/m ²)			Média	DP
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Adsorção	0	0,100	0,100	0,100	3341,4	3306,2	3343,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1				3342,8	3307,6	3344,6	1,40	1,40	1,50	14,00	14,00	15,00	14,33	0,58
	3				3343,5	3308,5	3345,4	2,10	2,30	2,30	21,00	23,00	23,00	22,33	1,15
	6				3344,1	3308,9	3345,7	2,70	2,70	2,60	27,00	27,00	26,00	26,67	0,58
	12				3346,6	3309,5	3346,3	5,20	3,30	3,20	52,00	33,00	32,00	39,00	11,27
	24				3345,5	3310	3347,3	4,10	3,80	4,20	41,00	38,00	42,00	40,33	2,08
Desadsorção	25	0,100	0,100	0,100	3343,4	3308	3345,2	2,00	1,80	2,10	20,00	18,00	21,00	19,67	1,53
	27				3342,5	3307,2	3344,3	1,10	1,00	1,20	11,00	10,00	12,00	11,00	1,00
	30				3341,8	3306,5	3343,5	0,40	0,30	0,40	4,00	3,00	4,00	3,67	0,58
	36				3341,6	3306	3343,3	0,20	-0,20	0,20	2,00	-2,00	2,00	0,67	2,31
	48				3341,6	3306,1	3343,1	0,20	-0,10	0,00	2,00	-1,00	0,00	0,33	1,53

Quadro A.18. Resultados do ensaio de higroscopicidade (continuação)

T_AP			T_E			T+CL		
Tempo (h)	Adsorção (kg)	Adsorção (kg/m ³)	Tempo (h)	Adsorção (kg)	Adsorção (kg/m ³)	Tempo (h)	Adsorção (kg)	Adsorção (kg/m ³)
0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00
1	0,0017	1,13	1	0,0019	1,29	1	0,0010	0,64
3	0,0034	2,24	3	0,0037	2,49	3	0,0016	1,04
6	0,0048	3,20	6	0,0055	3,64	6	0,0021	1,38
12	0,0059	3,93	12	0,0071	4,76	12	0,0021	1,38
24	0,0070	4,67	24	0,0095	6,31	24	0,0022	1,47
25	0,0048	3,18	25	0,0074	4,93	25	0,0009	0,62
27	0,0029	1,96	27	0,0055	3,64	27	0,0003	0,18
30	0,0015	1,02	30	0,0038	2,51	30	0,0001	0,09
36	0,0003	0,18	36	0,0011	0,71	36	0,0000	0,00
48	0,0002	0,13	48	0,0005	0,31	48	0,0000	0,00

C			G		
Tempo (h)	Adsorção (kg)	Adsorção (kg/m ³)	Tempo (h)	Adsorção (kg)	Adsorção (kg/m ³)
0	0,0000	0,00	0	0,0000	0,00
1	0,0014	0,96	1	0,0011	0,71
3	0,0022	1,49	3	0,0017	1,16
6	0,0027	1,78	6	0,0019	1,27
12	0,0039	2,60	12	0,0021	1,40
24	0,0040	2,69	24	0,0022	1,44
25	0,0020	1,31	25	0,0006	0,40
27	0,0011	0,73	27	0,0001	0,09
30	0,0004	0,24	30	0,0001	0,07
36	0,0001	0,04	36	0,0000	0,02
48	0,0000	0,02	48	0,0000	0,02

Quadro A.18. Resultados do ensaio de higroscopicidade (continuação)

G (não pintado)													G pintado												
Tempo (h)	Área [m ²]			Pesagem (g)			Diferença (g)			Adsorção (g/m ²)			Área [m ²]			Pesagem (g)			Diferença (g)			Adsorção (g/m ²)			DP
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Adsorção	0			2635,7	2637,2	2696,4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			2663,7	2665,3	2726,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1			2636,8	2638,2	2697,5	1,10	1,00	1,10	11,00	10,00	11,00	10,67			2664,4	2666,1	2727,9	0,70	0,80	1,00	7,00	8,00	10,00	8,33
	3	0,100	0,100	2637,5	2638,9	2698,1	1,80	1,70	1,70	18,00	17,00	17,00	17,33			2665,3	2666,8	2728,7	1,60	1,50	1,80	16,00	15,00	18,00	16,33
	6			2637,6	2639	2698,4	1,90	1,80	2,00	19,00	18,00	20,00	19,00	0,100	0,100	2665,5	2667	2728,8	1,80	1,70	1,90	18,00	17,00	19,00	18,00
	12			2637,9	2639,1	2698,6	2,20	1,90	2,20	22,00	19,00	22,00	21,00			2666	2667,3	2729,2	2,30	2,00	2,40	23,00	20,00	23,00	22,00
	24			2637,9	2639,2	2698,7	2,20	2,00	2,30	22,00	20,00	23,00	21,67			2666	2667,5	2729,5	2,30	2,20	2,60	23,00	22,00	26,00	23,67
Desadsorção	25			2636,1	2637,8	2697,2	0,40	0,60	0,80	4,00	6,00	8,00	6,00			2664,3	2666,6	2728,3	1,00	1,30	1,40	10,00	13,00	14,00	12,33
	27			2635,9	2637,3	2696,5	0,20	0,10	0,10	2,00	1,00	1,00	1,33			2664,3	2665,4	2727,3	0,60	0,10	0,40	6,00	1,00	4,00	3,67
	30	0,100	0,100	2635,8	2637,3	2696,5	0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00	1,00	0,100	0,100	2663,9	2665,3	2726,9	0,20	0,00	0,00	2,00	0,00	0,00	0,67
	36			2635,7	2637,2	2696,5	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,33			2663,7	2665,3	2726,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	48			2635,7	2637,2	2696,5	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	1,00	0,33			2663,7	2665,3	2726,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
C não pintado													C pintado												
Tempo (h)	Área [m ²]			Pesagem (g)			Diferença (g)			Adsorção (g/m ²)			Área [m ²]			Pesagem (g)			Diferença (g)			Adsorção (g/m ²)			DP
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Adsorção	0			3341,4	3306,2	3343,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			3370,8	3342,6	3376,7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1			3342,8	3307,6	3344,6	1,40	1,40	1,50	14,00	14,00	15,00	14,3			3371,6	3343,3	3377,3	0,80	0,70	0,60	8,00	7,00	6,00	7,00
	3	0,100	0,100	3343,5	3306,5	3345,4	2,10	2,30	2,30	21,00	23,00	23,00	22,3			3372,5	3344,3	3378	1,70	1,70	1,30	17,00	17,00	13,00	15,67
	6			3344,1	3306,9	3345,7	2,70	2,70	2,60	27,00	27,00	26,00	26,7	0,100	0,100	3373,2	3345	3378,7	2,40	2,40	2,00	24,00	24,00	20,00	22,67
	12			3346,6	3309,5	3346,3	5,20	3,30	3,20	52,00	33,00	32,00	39,0			3374,1	3346	3379,8	3,30	3,40	3,10	33,00	34,00	31,00	32,67
	24			3345,5	3310	3347,3	4,10	3,80	4,20	41,00	38,00	42,00	40,3			3374,7	3346,3	3380,3	3,90	4,00	3,60	39,00	40,00	36,00	38,33
Desadsorção	25			3343,4	3308	3345,2	2,00	1,80	2,10	20,00	18,00	21,00	19,7			3373,7	3345,3	3379,4	2,90	2,70	2,70	29,00	27,00	27,00	27,67
	27			3342,5	3307,2	3344,3	1,10	1,00	1,20	11,00	10,00	12,00	11,0			3372,7	3344,1	3377,9	1,90	1,50	1,20	19,00	15,00	12,00	15,33
	30	0,100	0,100	3341,8	3306,5	3343,5	0,40	0,30	0,40	4,00	3,00	4,00	3,7	0,100	0,100	3371,6	3342,9	3377,4	0,80	0,30	0,70	8,00	3,00	7,00	6,00
	36			3341,6	3306	3343,3	0,20	-0,20	0,20	2,00	-2,00	2,00	0,7			3371,1	3342,9	3376,9	0,30	0,30	0,20	3,00	3,00	2,00	2,67
	48			3341,6	3306,1	3343,1	0,20	-0,10	0,00	2,00	-1,00	0,00	0,3			3370,8	3342,7	3376,7	0,00	0,10	0,00	1,00	0,00	0,00	0,33

Quadro A.19. Resultados do ensaio de absorção de água por baixa pressão- tubos de Karsten

	Diâmetro médio (cm)	Área (cm ²)	Provete 1				Provete 2				Provete 3				Tempo (min)	Qi média (ml)	Wi média (ml/cm ²)	Wi média (ml/cm ²)	DP
			Tempo	Qi (ml)	Wi (ml/cm ²)	Wi (ml/cm ²)	Tempo	Qi (ml)	Wi (ml/cm ²)	Wi (ml/cm ²)	Tempo	Qi (ml)	Wi (ml/cm ²)	Wi (ml/cm ²)					
T_AP	2,49	4,87	10 seg	8	1,64	90,36	10 seg	0	0,00	41,07	10 seg	6	1,23	41,07	0,2	5	0,96	36,28	15,47
			20 seg	12	2,46		20 seg	0	0,00		20 seg	11	2,26		0,3	8	1,57		
			30 seg	15	3,08		30 seg	1	0,21		30 seg	16	3,29		0,5	11	2,19		
			40 seg	20	4,11		40 seg	1	0,21		40 seg	21	4,31		0,7	14	2,88		
			50 seg	25	5,13		50 seg	2	0,41		50 seg	25	5,13		0,8	17	3,56		
			1 min	30	6,16		1 min	2	0,41		1 min	30	6,16		1	21	4,24		
			2 min	50	10,27		2 min	6	1,23		2 min	58	11,91		2	38	7,80		
			3 min	78	16,02		3 min	14	2,88		3 min	83	17,04		3	58	11,98		
			4 min	102	20,95		4 min	22	4,52		4 min	112	23,00		4	79	16,15		
			5 min	125	25,67		5 min	30	6,16		5 min	138	28,34		5	98	20,06		
			10 min	255	52,37		10 min	75	15,40		10 min	200	41,07		10	177	36,28		
			15 min	367	75,37		15 min	120	24,64		15 min				15	243,5			
			20 min	440	90,36		20 min	160	32,86		20 min				20	300			
			25 min				25 min	200	41,07		25 min				25	200			
			30 min				30 min	200	41,07		30 min				30	200			
			35 min				35 min				35 min								
			40 min				40 min				40 min								
			45 min				45 min				45 min								
50 min			50 min			50 min													
55 min			55 min			55 min													
60 min			60 min			60 min													
T_E	2,49	4,87	10 seg	1	0,21	8,21	10 seg	0	0	8,21	10 seg	0	0	8,83	0,2	0	0,07	6,37	1,43
			20 seg	1	0,21		20 seg	0	0		20 seg	0	0		0,3	0	0,07		
			30 seg	2	0,41		30 seg	1	0,21		30 seg	0	0		0,5	1	0,21		
			40 seg	3	0,62		40 seg	2	0,41		40 seg	0	0		0,7	2	0,34		
			50 seg	5	1,03		50 seg	2	0,41		50 seg	0	0		0,8	2	0,48		
			1 min	6	1,23		1 min	2	0,41		1 min	1	0,21		1	3	0,62		
			2 min	10	2,05		2 min	8	1,64		2 min	4	0,82		2	7	1,51		
			3 min	13	2,67		3 min	12	2,46		3 min	8	1,64		3	11	2,26		
			4 min	15	3,08		4 min	17	3,49		4 min	10	2,05		4	14	2,88		
			5 min	17	3,49		5 min	20	4,11		5 min	12	2,46		5	16	3,35		
			10 min	24	4,93		10 min	30	6,16		10 min	19	3,90		10	24	5,00		
			15 min	30	6,16		15 min	40	8,21		15 min	23	4,72		15	31	6,37		
			20 min	40	8,21		20 min				20 min	26	5,34		20	33			
			25 min				25 min				25 min	30	6,16		25	30			
			30 min				30 min				30 min	33	6,78		30	33			
			35 min				35 min				35 min	36	7,39		35	36			
			40 min				40 min				40 min	39	8,01		40	39			
			45 min				45 min				45 min	43	8,83		45	43			
50 min			50 min			50 min													
55 min			55 min			55 min													
60 min			60 min			60 min													
T+CL	2,49	4,87	10 seg	2	0,41	39,02	10 seg	2	0,41	33,88	10 seg	1	0,21	49,70	0,2	2	0,34	40,87	6,59
			20 seg	3	0,62		20 seg	4	0,82		20 seg	4	0,82		0,3	4	0,75		
			30 seg	5	1,03		30 seg	6	1,23		30 seg	6	1,23		0,5	6	1,16		
			40 seg	7	1,44		40 seg	7	1,44		40 seg	7	1,44		0,7	7	1,44		
			50 seg	8	1,64		50 seg	9	1,85		50 seg	9	1,85		0,8	9	1,78		
			1 min	9	1,85		1 min	10	2,05		1 min	11	2,26		1	10	2,05		
			2 min	15	3,08		2 min	16	3,29		2 min	19	3,90		2	17	3,42		
			3 min	20	4,11		3 min	22	4,52		3 min	27	5,54		3	23	4,72		
			4 min	24	4,93		4 min	25	5,13		4 min	32	6,57		4	27	5,54		
			5 min	28	5,75		5 min	30	6,16		5 min	38	7,80		5	32	6,57		
			10 min	45	9,24		10 min	44	9,04		10 min	60	12,32		10	50	10,20		
			15 min	62	12,73		15 min	61	12,53		15 min	81	16,63		15	68	13,96		
			20 min	78	16,02		20 min	75	15,40		20 min	100	20,54		20	84	17,32		
			25 min	85	17,46		25 min	86	17,66		25 min	120	24,64		25	97	19,92		
			30 min	100	20,54		30 min	98	20,13		30 min	139	28,54		30	112	23,07		
			35 min	115	23,62		35 min	111	22,79		35 min	158	32,45		35	128	26,29		
			40 min	131	26,90		40 min	121	24,85		40 min	185	37,99		40	146	29,91		
			45 min	146	29,98		45 min	133	27,31		45 min	194	39,84		45	158	32,38		
50 min	160	32,86	50 min	145	29,78	50 min	209	42,92	50	171	35,18								
55 min	175	35,94	55 min	156	32,04	55 min	228	46,82	55	186	38,27								
60 min	190	39,02	60 min	165	33,88	60 min	242	49,70	60	199	40,87								
C	2,49	4,87	10 seg	1	0,21	11,29	10 seg	1	0,21	11,29	10 seg	1	0,21	16,02	0,2	1	0,21	12,87	2,23
			20 seg	2	0,41		20 seg	1	0,21		20 seg	1	0,21		0,3	1	0,27		
			30 seg	2	0,41		30 seg	1	0,21		30 seg	2	0,41		0,5	2	0,34		
			40 seg	2	0,41		40 seg	2	0,41		40 seg	3	0,62		0,7	2	0,48		
			50 seg	2	0,41		50 seg	2	0,41		50 seg	3	0,62		0,8	2	0,48		
			1 min	3	0,62		1 min	2	0,41		1 min	3	0,62		1	3	0,55		
			2 min	4	0,82		2 min	5	1,03		2 min	6	1,23		2	5	1,03		
			3 min	6	1,23		3 min	6	1,23		3 min	8	1,64		3	7	1,37		
			4 min	7	1,44		4 min	7	1,44		4 min	10	2,05		4	8	1,64		
			5 min	8	1,64		5 min	8	1,64		5 min	12	2,46		5	9	1,92		
			10 min	15	3,08		10 min	14	2,88		10 min	21	4,31		10	17	3,42		
			15 min	19	3,90		15 min	18	3,70		15 min	28	5,75		15	22	4,45		
			20 min	24	4,93		20 min	23	4,72		20 min	36	7,39		20	28	5,68		
			25 min	28	5,75		25 min	28	5,75		25 min	40	8,21		25	32	6,57		
			30 min	32	6,57		30 min	32	6,57		30 min	45	9,24		30	36	7,46		
			35 min	37	7,60		35 min	37	7,60		35 min	51	10,47		35	42	8,56		
			40 min	40	8,21		40 min	40	8,21		40 min	57	11,71		40	46	9,38		
			45 min	45	9,24		45 min	44	9,04		45 min	62	12,73		45	50	10,34		
50 min	48	9,86	50 min	48	9,86	50 min	67	13,76	50	54	11,16								
55 min	52	10,68	55 min	52	10,68	55 min	72	14,79	55	59	12,05								
60 min	55	11,29	60 min	55	11,29	60 min	78	16,02	60	63	12,87								
G	2,49	4,87	10 seg	0	0	12,94	10 seg	0	0	12,94	10 seg	0	0	12,94	0,2	0	0,00	12,94	0,00
			20 seg	0	0		20 seg	0	0		20 seg	0	0		0,3	0	0,00		
			30 seg	0	0		30 seg	0	0		30 seg	0	0		0,5	0	0,00		
			40 seg	0	0		40 seg	0	0		40 seg	0	0		0,7	0	0,00		
			50 seg	0	0		50 seg	1	0,21		50 seg	0	0		0,8	0	0,07		
			1 min	1	0,21		1 min	1	0,21		1 min	0	0		1	1	0,14		
			2 min	2	0,41		2 min	2	0,41		2 min	1	0,21		2	2	0,34		
			3 min	3	0,62		3 min	3	0,62		3 min	2	0,41		3	3	0,55		
			4 min	4	0,82		4 min	4	0,82		4 min	3	0,62		4	4	0,75		
			5 min	5	1,03		5 min	5	1,03		5 min	4	0,82		5	5	0,96		
			10 min	10	2,05		10 min	10	2,05		10 min	5	1,03		10	8	1,71		
			15 min	15	3,08		15 min	15	3,08		15 min	10	2,05		15	13	2,74		
			20 min	20	4,11		20 min	20	4,11		20 min	15	3,08		20	18	3,76		
			25 min	26	5,34		25 min	25	5,13		25 min	21	4,31		25	24	4,93		
			30 min	30	6,16		30 min	30	6,16		30 min	28	5,75		30	29	6,02		
			35 min	35	7,19		35 min	36	7,39		35 min	35	7,19		35	35	7,26		
			40 min	40	8,21		40 min	40	8,21		40 min	40	8,21		40	40	8,21		
			45 min	46	9,45		45 min	46	9,45		45 min	46	9,45		45	46	9,45		
50 min	51	10,47	50 min	50	10,27	50 min	51	10,47	50	51	10,40								
55 min	57	11,71	55 min	56	11,50	55 min	57	11,71	55	57	11,64								
60 min	63	12,94	60 min	63	12,94	60 min	63	12,94	60	63	12,94								

Quadro A.20. Resultados do ensaio de permeabilidade ao vapor de água

	Espessura do provete (mm)					Massa seca (g)	Massa do sistema (cápsula + sal + provete) (g)										Diferença de massa (kg)										Variação	
	20,30	19,99	20,03	20,22	20,14		1º dia	5º dia	8º dia	9º dia	10º dia	11º dia	12º dia	Variação	1º dia	2º dia	5º dia	8º dia	9º dia	10º dia	11º dia	12º dia	Variação					
T_AP	20,30	19,99	20,03	20,22	20,14	209,840	519,843	518,160	517,045	518,684	516,360	516,044	515,742	-0,1%	0,0000	0,0005	0,0017	0,0028	0,0012	0,0035	0,0038	0,0041	66,25%					
	20,19	19,27	19,94	20,29	19,92	209,800	546,678	544,995	543,873	545,620	543,199	542,891	542,590	-0,1%	0,0000	0,0005	0,0017	0,0028	0,0011	0,0035	0,0038	0,0041	66,67%					
	20,09	20,04	19,85	20,05	20,01	208,252	554,645	552,753	551,533	553,281	550,473	550,141	549,849	-0,1%	0,0000	0,0006	0,0019	0,0031	0,0014	0,0038	0,0042	0,0045	64,48%					
T_E	21,34	21,72	21,54	21,54	21,54	255,804	599,885	598,455	597,473	599,450	596,856	596,563	596,274	0,0%	0,0000	0,0125	0,0014	0,0024	0,0004	0,0030	0,0033	0,0036	68,67%					
	23,10	23,91	22,42	22,88	23,08	268,062	604,375	602,973	602,129	604,177	601,607	601,373	601,139	0,0%	0,0000	0,0005	0,0014	0,0022	0,0002	0,0028	0,0030	0,0032	60,20%					
	19,76	22,11	22,24	22,11	21,56	257,218	605,813	604,538	603,993	606,232	603,859	603,828	603,797	0,0%	0,0000	0,0004	0,0013	0,0018	0,0004	0,0020	0,0020	0,0020	42,75%					
T+CL	22,20	22,30	22,39	22,74	22,41	248,275	595,900	594,748	593,964	596,004	593,490	593,282	593,064	0,0%	0,0000	0,0003	0,0012	0,0019	0,0001	0,0024	0,0026	0,0028	68,06%					
	22,28	22,49	22,46	22,10	22,33	246,656	599,192	598,067	597,312	599,374	596,853	596,649	596,426	0,0%	0,0000	0,0003	0,0011	0,0019	0,0002	0,0023	0,0025	0,0028	67,11%					
	22,44	22,40	22,85	22,90	22,65	252,130	601,515	600,431	599,699	601,776	599,259	599,059	598,869	0,0%	0,0000	0,0003	0,0011	0,0018	0,0003	0,0023	0,0025	0,0026	67,53%					
C	21,75	21,76	21,41	21,95	21,72	249,807	572,270	571,290	570,650	572,648	570,294	570,220	570,193	0,0%	0,0000	0,0003	0,0010	0,0016	0,0004	0,0020	0,0020	0,0021	65,31%					
	21,57	21,93	21,80	22,47	21,94	252,541	599,515	598,549	597,931	600,042	597,604	597,532	597,494	0,0%	0,0000	0,0003	0,0010	0,0016	0,0005	0,0019	0,0020	0,0020	63,98%					
	22,03	21,35	22,09	20,60	21,52	244,641	576,740	575,777	575,169	577,271	575,023	575,012	574,999	0,0%	0,0000	0,0003	0,0010	0,0016	0,0005	0,0017	0,0017	0,0017	63,14%					
G	20,68	21,05	20,30	20,04	20,52	163,713	914,879	913,542	912,998	916,474	912,959	912,961	912,949	0,0%	0,0000	0,0004	0,0013	0,0019	0,0016	0,0019	0,0019	0,0019	40,69%					
	21,26	22,02	21,35	22,82	21,86	176,499	885,239	883,922	883,453	886,815	883,414	883,413	883,339	0,0%	0,0000	0,0004	0,0013	0,0018	0,0016	0,0018	0,0018	0,0019	35,61%					
	20,60	22,03	22,71	21,38	21,68	173,646	929,723	928,248	927,340	930,712	927,092	927,140	927,126	0,0%	0,0000	0,0005	0,0015	0,0024	0,0010	0,0026	0,0026	0,0026	61,56%					

QuadroA.20. Resultados do ensaio de permeabilidade ao vapor de água (continuação)

Tempo (h)	Tempo (s)	Δm (kg)				
		T_AP	T_E	T+CL	C	G
0	0	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
96	345600	0,00175	0,00137	0,00112	0,00097	0,00138
168	604800	0,00290	0,00216	0,00188	0,00159	0,00202
216	777600	0,00360	0,00258	0,00234	0,00187	0,00213
240	864000	0,00392	0,00277	0,00254	0,00192	0,00211
264	950400	0,00423	0,00295	0,00275	0,00195	0,00214
G	(kg/s)	4,45E-09	3,09E-09	2,89E-09	2,10E-09	2,22E-09
A	(m ²)	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
g	[kg/(s.m ²)]	8,893E-07	6,17385E-07	5,78308E-07	4,2E-07	4,44E-07
Δp_v	(Pa)	768,25	768,25	768,25	768,25	768,25
Wp	[kg/(s.m ² .Pa)]	1,158E-09	8,03625E-10	7,52761E-10	5,47E-10	5,78E-10
e	(m)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
δ	(kg/s.m.Pa)	2,318E-11	1,77246E-11	1,69089E-11	1,19E-11	1,23E-11
δa	(kg/s.m.Pa)	1,94E-10	1,94E-10	1,94E-10	1,94E-10	1,94E-10
μ	(-)	8,37	10,95	11,47	16,33	15,73
S_d (m)	(m)	0,17	0,24	0,26	0,35	0,34